المجلد 27 ـ العددان 2/1
يناير/ فبراير 2011

SCIENTIFIC
AMERICAN
January / February 2011

مجلة العلوم

الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر شهريًا في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

المجلد 27 ـ العددان 2/1

عوامل شفائك الكامنة في جسمك

مجلة العلوم
العددان 274/273 ـ السعر: 1.500 دينار كويتي
يناير/ فبراير 2011

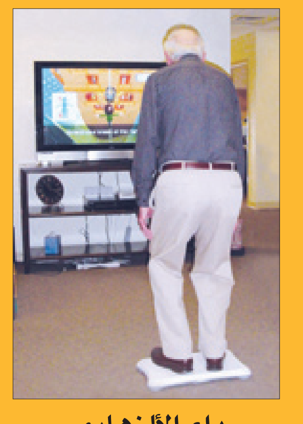

استيلاد نبات الكساڤا لإطعام الفقراء


نظرية كل شيء اللّامُدرَكة


كيف نبني شبكة الكهرباء الفائقة


بالعلم نثق


سعيٌ حثيث من
أجل علاج للتوحد


داء الألزهايمر



الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر شهريًا في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

المجلد 27 ـ العددان 2/1 (2011)
274/273

مراسلات التحرير

توجه إلى : **رئيس تحرير مجلة العلوم**
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
شارع أحمد الجابر، الشرق ـ الكويت
ص.ب : 20856 الصفاة، الكويت 13069
العنوان الإلكتروني: oloom@kfas.org.kw ـ موقع الويب: www.kfas.org
هاتف : 22428186 (965+) ـ فاكس : 22403895 (965+)

الإعلانات

في الوطن العربي يتفق عليها مع **قسم الإعلانات** بالمجلة.

Advertising correspondence from outside the Arab World *should be addressed to*
SCIENTIFIC AMERICAN 415, Madison Avenue, New York, NY 10017 - 1111
Or to *MAJALLAT AL-OLOOM, P.O. Box 20856 Safat, Kuwait 13069 - Fax. (+965) 22403895*

سعر العدد

الأردن	1.800	دينار	السودان	٭	جنيه	الكويت	1.500	دينار	4	£	Britain
الإمارات	20	درهم	سوريا	100	ليرة	لبنان	٭	ليرة	2.5	Cl	Cyprus
البحرين	1.800	دينار	الصومال	٭	شلن	ليبيا	٭	دينار	6	€	France
تونس	2.5	دينار	العراق	ـ	ـ	مصر	7	جنيه	6	€	Greece
الجزائر	٭	دينار	عُمان	2	ريال	المغرب	30	درهم	6	€	Italy
جيبوتي	٭	فرنك	فلسطين	1.25	$	موريتانيا	٭	أوقية	6	$	U.S.A.
السعودية	20	ريال	قطر	20	ريال	اليمن	250	ريال	6	€	Germany

[٭ ما يعادل بالعملة المحلية دولارا أمريكيا ونصف الدولار (USA $ 1.5)]

الاشتراكات

ترسل الطلبات إلى **قسم الاشتراكات** بالمجلة.

	بالدينار الكويتي	بالدولار الأمريكي
* للطلبة وللعاملين في سلك التدريس و/أو البحث العلمي	12	45
* للأفراد	16	56
* للمؤسسات	32	112

ملاحظة : تحول قيمة الاشتراك بشيك مسحوب على أحد البنوك في **دولة الكويت**.

مراكز توزيع *مجلة العلوم* في الأقطار العربية:

• الإمارات: شركة الإمارات للطباعة والنشر والتوزيع ـ أبوظبي/ دار الحكمة ـ دبي • البحرين: الشركة العربية للوكالات والتوزيع ـ المنامة • تونس: الشركة التونسية للصحافة ـ تونس • السعودية: تهامة للتوزيع ـ جدة ـ الرياض ـ الدمام • سوريا: المؤسسة العربية السورية لتوزيع المطبوعات ـ دمشق • عُمان: محلات الثلاث نجوم ـ مسقط • فلسطين: وكالة الشرق الأوسط للتوزيع ـ القدس • قطر: دار الثقافة للطباعة والصحافة والنشر والتوزيع ـ الدوحة • الكويت: الشركة المتحدة لتوزيع الصحف والمطبوعات ـ الكويت • لبنان: الشركة اللبنانية لتوزيع الصحف والمطبوعات ـ بيروت • مصر: الأهرام للتوزيع ـ القاهرة • المغرب: الشركة الشريفية للتوزيع والصحافة ـ الدار البيضاء • اليمن: الدار العربية للنشر والتوزيع ـ صنعاء.

يمكن تزويد المشتركين في **العلوم** بنسخة مجانية من **قرص CD** يتضمن خلاصات مقالات هذه المجلة منذ نشأتها عام **1986** والكلمات الدالة عليها. ولتشغيل هذا القرص في جهاز **مُدعم بالعربية**، يرجى اتباع الخطوات التالية:

1- اختر Settings من start ثم اختر Control Panel
2- اختر Regional and Language Options
3- اختر Arabic من قائمة Standards and formats ثم اضغط OK

بزيارة الموقع **www.kfas.org** يمكن الاطلاع على صفحة محتويات الإصدار الأخير لـ **العلوم** باللغتين العربية والإنكليزية، وعلى معلومات حول الاشتراكات في هذه المجلة.

شارك في هذا العدد

خضر الأحمد
سعيد الأسعد
يوسف بركات
عدنان تكريتي
محمد حسن حتاحت
عدنان الحموي
محمود خيال
محمد دبس
يمان دعبول
قاسم السارة
سميرة السعد
ريمون شكوري
نضال شمعون
محمد الصفار
إيهاب عبدالرحيم
حاتم النجدي
نجيب نصار



المجلد 27 ـ العددان 2/1
يناير/ فبراير 2011





المقالات



ترجمة أو مراجعة

«***مجلة العلوم***» تصدر شهريًا في الكويت منذ عام 1986 عن «**مؤسسة الكويت للتقدم العلمي**» وهي مؤسسة أهلية ذات نفع عام، يرأس مجلس إدارتها صاحب السمو أمير دولة الكويت، وقد أنشئت عام 1976 بهدف المعاونة في التطور العلمي والحضاري في دولة الكويت والوطن العربي، وذلك من خلال دعم الأنشطة العلمية والاجتماعية والثقافية. و«مجلة العلوم» هي في ثلثي محتوياتها ترجمة لـ«***ساينتفيك أمريكان***» التي تعتبر من أهم المجلات العلمية في عالم اليوم. وتسعى هذه المجلة منذ نشأتها عام 1845 إلى تمكين القارئ غير المتخصص من متابعة تطورات معارف عصره العلمية والتقانية، وتوفير معرفة شمولية للقارئ المتخصص حول موضوع تخصصه. تصدر «***ساينتفيك أمريكان***» بثماني عشرة لغة عالمية، وتتميز بعرضها الشيق للمواد العلمية المتقدمة وباستخدامها القيّم للصور والرسوم الملونة والجداول.



استيلاد نبات الكسّاڤا لإطعام الفقراء[*]

يُعَدُّ نبات الكسّاڤا (المنيهوت) ثالث أكبر مصدر للكالوريات (للسعرات الحرارية) في العالم، ويمكن استيلاده بحيث يصبح محصولا أكثر إنتاجية وأعلى في قيمته الغذائية، مما يساعد على التقليل من سوء التغذية في كثير من أقطار العالم.

<نجيب نصّار> ـ <R. أورتيز>

مفاهيم مفتاحية

- مع أن جذور الكسّاڤا هي المصدر الأساسي للكالوريات calories بالنسبة إلى الملايين من سكان المناطق المدارية، إلا أنها فقيرة في البروتينات، والڤيتامينات وفي المغذيات الأخرى.
- أنتج الباحثون أصنافا من الكسّاڤا ذات قيمة غذائية محسنة، وإنتاجية أكبر، وأكثر مقاومة للهوام والأمراض.
- من الممكن أن يؤدي الجمع بين الاستيلاد بالطرق التقليدية، وبين الجينوميات genomics والبيولوجيا الجزيئية، إلى تحقيق مزيد من التطورات.

محررو ساينتفيك أمريكان

إن القوت الأساسي لأكثر من 800 مليون نسمة حول العالم لا يتركز فقط على القمح أو الذرة أو الأرز. ففي كثير من البلدان يتمثل القوت الرئيسي بالجذور المحتوية على النشا لنبات يحمل مسميات عديدة، مثل الكسّاڤا، **والتپيوكة** tapioca، **والمنهوط** manioc، أو **اليوكا** yuca (الذي لا يجب الخلط بينه وبين نبات **اليكة** yucca العصاري). وفي الحقيقة، يسهم الكسّاڤا في رصيد الكالوريات (السعرات الحرارية) في العالم بأكثر مما يفعل أي غذاء آخر، باستثناء الأرز والقمح، مما يجعله بالفعل موردا لا بديل له في جهود مكافحة الجوع. وفي جميع البلدان المدارية تسود زراعته كمحصول أُسريّ، حيث تقوم الأسرة بزراعته على رقع صغيرة من الأرض بما يكفي لاستهلاك أفرادها وحدهم، مع أنه في آسيا وبعض بلدان أمريكا اللاتينية يُزرع هذا النبات تجاريا لاستخدامه علفا للحيوانات وفي المنتجات المعتمدة على النشاء. وعلى أية حال، فإن القيمة الغذائية لجذور الكسّاڤا متدنية: فهي تحتوي على كميات ضئيلة من البروتين والڤيتامينات والمغذيات الأخرى كالحديد. ولهذا، فإن تحسين أصناف الكسّاڤا يمكن أن يسهم بفعالية في تخفيف سوء التغذية في الكثير من بلدان العالم النامي.

(*) BREEDING CASSAVA TO FEED THE POOR



ولهــذا الهدف، قام المؤلفــان وزملاؤهما [في جامعــة برازيليا] وغيرهم من الباحثين، بتكريــس جهودهم في تخليــق ضروب من الكسّــاڤا تتسم بكونها أشــد صلابة وأكثر إنتاجية وأعلى في قيمتها الغذائية، ولجعلها متاحة على نطاق واسع للمزارعين في البلدان النامية. وقد انصب معظم تركيز فريقنا على تطبيق تقنيات **الاسـتيلاد** breeding التقليدية لتخليق هجائن بين الكسّــاڤا وأقاربه البرية، للاســتفادة من الســمات التي تطــوّرت في النباتــات البرية على مدى ملايين الســنين. وتتســم هذه المقاربة بكونها أقــل تكلفة من الهندســة الجينية، كما أنها لا تثير المخاوف المتعلقــة بالأمن البيولوجي التي تجعل بعض النــاس يتخوفون مــن المحاصيــل المحوّرة جينيا. وفي الوقت نفســه، فقد اهتم باحثون ومنظمــات غيــر ربحية في البلــدان النامية بإنتاج ضروب محوّرة جينيا من الكسّــاڤا، وذلك لخدمة الأغراض ذاتها. ومن شأن الفتح العلمي الذي تحقق مؤخرا، والمتمثل بإكمال السَّلسَلَة المبدئية **لجينوم** genome الكسّاڤا، أن يمهد السبيل أمام مزيد من التحسينات.

محصول مداري مفضل(*)

إن النبــات الشــجيري المعروف باســم ***المنيهوت الصالح للأكل*** *Manihot esculenta* – وهو الاسم العلمي للكسّاڤا – مثله مثل أقاربه من الأنواع البريــة التابعة لجنس ***المنيهوت*** *Manihot* ، يعود منشــؤه إلى البرازيل. قام المواطنــون البرازيليــون الأصليــون بتدجين هذا النبات لأول مــرة، في حين نقله البحارة البرتغاليون في القرن الســادس عشــر إلى إفريقيــا، وانتشــر منها إلى جميــع المناطق المدارية في آسيا، حتى وصل إلى إندونيسيا. وحاليــا تنتج إفريقيا أكثر من نصف (51 في المئة) الإنتاج السنوي العالمي من هذا النبات، والذي يزيــد على مئتي مليون طن متري؛ في حين تنتج منه آسيا وأمريكا اللاتينية 15 في المئة و 34 في المئة على التوالي.

وتشبه جذور الكسّــاڤا البطاطا الحلوة في شكلها، ومن الممكن أن تؤكل مباشرة، سواء نيئــة أو مطبوخة؛ كما يمكــن تحويلها إلى حبيبات، أو معجــون أو دقيق. وفي إفريقيا

(*) Tropical Favorite

من هم منتجو الكسّافا؟(*)

الكسّافا هو النبات المفضل لدى مزارعي الكفاف في جميع المناطق المدارية وخاصة في إفريقيا، حيث يتركز نصف كمية إنتاجه العالمي. ينمو هذا النبات بسهولة من العقل الصغيرة ويقاوم ظروف الجفاف ورداءة التربة، ومن الممكن أن تُقتلع جذوره في أي وقت من السنة للحصول على وجبة سريعة من الكالوريات. وكالعجائن الصينية noodles، أو الخبز أو الأرز، تصاحب الكسّافا أطباقا في مثل تنوع المطابخ المحلية؛ كما تُنتج في بعض البلدان بغرض التسويق التجاري.



وبعض أجزاء آسيا، يستهلك الناس أوراق النبات كخضراوات خضراء، التي تعمل كمصدر للبروتين - الذي تصل نسبته في أوراق الكسّافا الجافة إلى 32 في المئة - وللفيتامينين: A و B.

ولا يحتاج الكسّافا إلا إلى قدر ضئيل من الاستثمارات والعمالة. كما أنه يتحمّل بصورة جيدة كلا من الجفاف والتربة الحمضية والقاحلة؛ وسرعان ما يتعافى من التلف الناجم عن **الهوام** pests والأمراض؛ كما أنه يمتلك قدرة هائلة على تحويل الطاقة الشمسية إلى كربوهيدرات. وفي الحقيقة، ففي حين أن نسبة المادة الصالحة للأكل في الكسافا تصل إلى 80 في المئة من إجمالي وزنها الجاف، فهي لا تتعدى 35 في المئة في محاصيل الحبوب الأخرى. إضافة إلى ذلك، فمن الممكن زراعة الكسّافا في أي وقت من السنة، كما يمكن تأجيل حصاده لمدة قد تصل إلى شهور وحتى إلى عام كامل. ولهذا السبب، كثيرا ما يحتفظ المزارعون بجزء من محصولهم في الحقل دون حصاد كضرب من التأمين ضد الفترات غير المتوقعة التي يشح فيها الغذاء. ولهذا، فلا عجب أن أصبح الكسّافا المحصول المفضل **لمزارعي الكفاف** subsistence farmers في جميع مناطق العالم التي يسمح فيها المناخ بزراعته، لدرجة أنه أصبح جزءا لا يتجزأ من التقاليد وأنماط الطهي المحلية.

وعلى أية حال، فإن لهذا المحصول مساوئه أيضا، فعمره التخزيني قصير، وإذا لم يتم طهوه أو تصنيعه فعادة ما يتعرض للتلف خلال يوم واحد. إضافة إلى هذا، ولأن نباتات الكسّافا المزروعة ضمن منطقة بعينها تميل إلى أن تكون متجانسة جينيا، يكون المحصول سريع التأثر: فالأمراض أو الهوام التي تُتلف نباتا واحدا يرجح أن تصيبها جميعا بالمرض. والأهم من هذا كله

ثمة مجال للتحسين(**)

مع أن الكسّافا مصدر متيسر للكالوريات بالنسبة إلى كثير من فقراء العالم، إلاّ أن الإفراط في الاعتماد عليه يمكن أن يؤدي إلى سوء تغذية. وعلى وجه الخصوص إنه يمثل مصدرا ضئيلا للبروتينات، وللفيتامينين A و E وللحديد والزنك. ولهذا النبات عيوب أخرى، منها أنه:

- سريع التلف إذا لم تتم معالجته بسرعة.
- عادة ما تتم زراعته من العقل cuttings، مما يؤدي إلى تجانس زراعاته في بنيتها الجينية، بحيث يجعلها عرضة للهوام والإصابة بالأمراض.
- إذا لم يُطبخ جيدا، فمن الممكن أن يتسبب تناول بعض أصنافه في التسمم بالسيانيد، مما قد يفضي إلى الشلل والوفاة.

(*) Who Grows Cassave?
(**) Room For Improvement

هو افتقار الكسّاڤا إلى المغذيات باستثناء الكربوهيدرات، مما يجعل من الخطر الاعتماد عليه كلية كغذاء.

تقانة التهجين(*)

اهتم أحدنا (<**نجيب نصّار**>) بتحسين نبات الكسّاڤا منذ أن كان خبيرا زراعيا شابا في موطنه الأصلي مصر. ففي مطلع السبعينات - حينما اجتاحت بلدان جنوبي الصحراء الإفريقية مجاعة شاملة - قام بزيارة البرازيل لدراسة نبات الكسّاڤا في بيئته الأصلية. وقرر لاحقا أن ينتقل إلى البرازيل، حيث اكتسب المواطنة البرازيلية لاحقا. وفي عام 1975، أثناء عمله بجامعة برازيليا، تلقى منحة صغيرة من المركز الدولي الكندي للأبحاث التنموية، فبدأ بتجميع الأنواع البرية لنبات المنيهوت، التي يمكن استخدامها كمكتبة للسمات المفيدة التي يمكن إضافتها إلى نبات الكسّاڤا. وقد بدأ ترحاله لجمع العينات عبر القُطْر كله، في أحيان كثيرة على دراجة أو سيراً على الأقدام، ومن ثم جلبها إلى برازيليا. وتمكّن في النهاية هو وزملاؤه من استزراع 35 نوعا مختلفا منها.

وستثبت الأهمية الحاسمة لمصدر التنوع البيولوجي هذا في تطوير أنواع جديدة من النبات، سواء في الجامعة أو خارجها. وفي عام 1982 جاءت أولى النتائج التي حققها فريق البحث، حيث أمكن تخليق سلالة هجينة عالية المحتوى البروتيني. نمطيا، لا تحتوي جذور الكسّاڤا سوى على 1.5 في المئة من البروتين، مقارنة بحبوب القمح التي تحتوي على نسبة من البروتين تصل إلى 7 في المئة أو أكثر. وعلى وجه الخصوص، تفتقر جذور الكسّاڤا إلى الأحماض الأمينية الأساسية المحتوية على عنصر الكبريت كالميثيونين والليسين والسيتسئين. وهذا النوع الهجين الجديد يحتوي حتى 5 في المئة من البروتين. حاليا، تبحث الحكومة


أحد مزارعي الكسّاڤا يتفحص محصوله في بلدة هويلا في جبال الأنذز الكولومبية.

البرازيلية عن طرق لتقليل اعتماد البلاد على القمح المستورد، وذلك بإضافة نسبة من دقيق الكسّاڤا إلى القمح؛ ومن ثم سيساعد استخدام دقيق الكسّاڤا العالي البروتين على المحافظة على المدخول اليومي من البروتين لملايين البرازيليين.

إن تهجين الكسّاڤا بأقاربه البرية، إضافة إلى الاستيلاد الانتقائي بين **ذراري** strains الكسّاڤا المختلفة، قد يساعد أيضا على خلق ضروب من الكسّاڤا تحتوي على عدد آخر من المغذيات المهمة. وقد أوضحت أبحاث فريق جامعة برازيليا أن أنواعا بعينها من المنيهوت البري تكون غنية بالأحماض الأمينية الأساسية، وكذلك بالحديد والزنك والكاروتينويدات مثل اللوتين، والبيتا- كاروتين والليكوبين. ويمثل

(*) Hybrid Technology

البيتا- كاروتين على وجه الخصوص مصدرا مهما للڤيتامين A، الذي يؤدي نقصه إلى **تلف تدريجي (مترقٍ)**[٢] في العين - وهي مشكلة خطيرة وواسعة الانتشار في المناطق المدارية من إفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية. وبالنظر إلى مكانة الكسّاڤا كغذاء أساسي في المناطق المدارية، فمن المكن أن يسهم توافر أصناف عالية المحتوى من ضروب الكاروتينويدات في حل مشكلة أعواز الڤيتامين A في البلدان النامية. وخلال السنوات الثلاث الماضية، تمكّن فريقنا البحثي من استيلاد سلالات من الكسّاڤا العالية الإنتاجية، التي تحتوي قدرا من البيتا - كاروتين يزيد بخمسين ضعفا على محتواه في نباتات الكسّاڤا العادية، ويجري حاليا اختبار هذه السلالات بالتعاون مع المزارعين المحليين.

وقد ركّز مشروع رئيسي آخر على تحوير الدورة التكاثرية لنبات الكسّاڤا. فالطريقة المعتادة تؤدي إلى تكاثر هذا النبات، عن طريق **التأبير** pollination، إلى إنتاج شتلات ذات أنواع غير متماثلة مع النبات الأم وكثيرا ما تكون أقل إنتاجية منه. ومن ثم، فعادة ما يلجأ المزارعون إلى إكثار الكسّاڤا **بالعُقل الخضرية**[٣] من نباتات قائمة بدلا من بَذر البذور. وعلى أية حال، يسمح الإكثار بالعُقل للڤيروسات والبكتيريا بتلويث النبات. وجيلا بعد جيل، تتراكم **المتعضيات الميكروية** microorganisms حتى يأتي وقت تضعف فيه إنتاجية النبات. ومثل أي نبات زهري، فإن بعض أنواع المنيهوت البرية، بما فيها أقارب الكسّاڤا الشبيهة بالأشجار من النوع *M. glaziovii*، تتكاثر جنسيا ولاجنسيا؛ حيث تنمو البذور الناتجة لاجنسيا متحولة إلى نباتات تمثل **نسائل** clones للنبات الأم. وطوال أكثر من عقد من الزمن، كرّس فريق جامعة برازيليا جهوده في الاستيلاد بين الأنواع، حيث تم تهجين نبات الكسّاڤا بأحد الأنواع

(*) Ancient Meets Modern
(١) How Marker-Assisted Breeding Works
(٢) progressive damage
(٣) plant cuttings

[استيلاد متعارف عليه]

القديم يلتقي الحديث(*)



كثيرا ما تحمل الأنواع البرية للكسّاڤا، بما فيها النبات *M. glaziovii* الشبيه بالأشجار (في اليمين)، صفات مفيدة للمحصول لكنها تفتقر إلى كثير من الصفات المرغوب فيها والموجودة في النوع المدجّن. وفي تقنية التزاوج التبادلي backcrossing التي أثبتت فاعليتها على مر الزمن، يحصل المزارعون على التوليفة المناسبة من جميع الصفات المرغوب فيها من خلال إنتاج أجيال عديدة من الهجائن، وهي عملية كثيرا ما يعززها استخدام الطرائق الحديثة مثل الواسمات الجينية genetic markers، التي تكشف عن وجود صفة ما في البادرة (النبتة الصغيرة) seedling دون الحاجة إلى الانتظار حتى تنمو إلى نبات ناضج.

كيف يُجرى الاستيلاد المُساعد بالواسمة(١)

طريق التقانة البيولوجية(*)

بدأت الهندسة الجينية، التي تستخدم اليوم على نطاق واسع في الولايات المتحدة الأمريكية، تؤتي أولى ثمارها في الكسّافا أيضا، ولكنه من غير المرجّح أن تتوفر الأنماط المحوّرة جينيا من النبات على نطاق واسع في المدى القريب. وهناك مخاوف من أن تقلص التمويل البحثي للطرق التقليدية الرخيصة والأكثر أمانا لتطوير أصناف جديدة. وقد تحققت تطوّرات كبرى في هذا المجال بواسطة مجموعة الباحثين الدولية Bio-Cassava Plus، فقد أنتجت المجموعة أصنافا غنية بالزنك، والحديد، والپروتين، والبيتا - كاروتين (وهو أحد مصادر الڤيتامين A) والڤيتامين E باستخدام جينات من **متعضيات (كائنات حية)** organisms أخرى - بما فيها الطحالب والبكتيريا والنباتات الأخرى.

وفي هذا السياق، يقول <R. ساير>، [وهو الباحث الرئيسي للمجموعة Bio-Cassava Plus، والذي يعمل في مركز دونالد دانفورث لعلوم النبات في سانت لويس] : «لقد حققنا هدفنا». بيد أن جميع الأصناف الهجينة الجديدة مازالت في طور التجارب الحقلية في مزارع اختبارية في پورتوريكو، كما تلقى البرنامج الضوء الأخضر لبدء التجارب الحقلية في نيجيريا. ويقول <ساير> إن عمليات التهجين التقليدية يمكنها إدخال البيتا- كاروتين إلى الكسّافا، إلا أنه في ما يتعلق بإدخال الحديد والزنك، فلم تُظهر قدرة على ذلك حتى الآن سوى طرائق الهندسة الجينية. وفي الوقت نفسه، يعمل فريق <ساير> على دمج جميع تلك الصفات الجديدة في صنف واحد من النبات.

تموّل هذا المشروع مؤسسة بيل وميليندا گيتس وشركة مونسانتو. (لقد اشترطت مونسانتو في تمويلها أن تحتفظ بحق تقاضي رسوم على استخدام الأصناف الجديدة إذا زاد الدخل السنوي الإجمالي للمزارع على 10 000 دولار).

أما <P. باير> [من جامعة فريبورگ بألمانيا] فيرى أن إنجازات المجموعة Bio-Cassava Plus تمثل فتحا علميا كبيرا. إلا أنه يضيف قائلا: «على الرغم من ذلك، فإن المسافة بين ما وصلنا إليه الآن وبين المنتج النهائي لا تزال كبيرة.»

ولابد أن يعلم <باير> أن «**الأرز الذهبي**» golden rice الذي أعلن هو وزملاؤه عن إنتاجه لأول مرة في عام 2000، والذي احتل غلاف مجلة *Time*، لم يحقق حتى الآن إلا الحصول على موافقة عدة دول. ويرى <باير> أن هندسة متعضيات جديدة قد تتم بسرعة، إلا أن إثبات مأمونيتها على البيئة وسلامة استخدامها للاستهلاك واستيلادها من أجل إنتاج أصناف سائغة للأذواق المحلية ليس كذلك: فهذا الأمر يستلزم عادة من 10 إلى 12 سنة. وفي هذا السياق، يقول <باير>: «يتمثل الأمر ببساطة بأن الهيئات التنظيمية لا تسمح لك بالمضي قدما بالسرعة نفسها التي تعمل بها على صنف تم استيلاده بالطرق التقليدية.» إضافة إلى أنه ليس من الضروري أن تكون طرائق الهندسة الجينية أسرع من طرق الاستيلاد التقليدية؛ فهي أكثر تكلفة بكثير، وفي بعض الأحيان نجد أن الجين الذي يعمل بصورة جيدة في أحد المتعضيات لا يعمل على الإطلاق إذا نُقل إلى متعض آخر.

بادرات الكسّافا المحوّرة جينيا

وعما تبشر به الهندسة الجينية، يعقّب <D. گوريان-شرمان> [من اتحاد العلماء المهتمين] قائلا: «كثير من الناس لديهم فكرة مبالغ فيها عن الموضوع»، ومن ثَمّ فهم يبحثون عن تمويل مبالغ فيه لأبحاثهم. ويستطرد قائلا: «أعتقد أنه من الخطأ الجسيم أن تضع جميع البيض في سلة واحدة»، مضيفا أنه من واجب مؤسسات التمويل العامة أن تساعد على المحافظة على التوازن في هذا الصدد.

البرية، إلى أن تم مؤخرا إنتاج سلالة من الكسّافا يمكنها أن تتكاثر جنسيا ولاجنسيا، عن طريق إنتاج نوعين من البذور، كما تفعل الأقارب البرية لنبات الكسّافا. وبعد الانتهاء من الأبحاث الجارية، ستكون هذه السلالة جاهزة للتوزيع على المزارعين.

يمتلك النوع *M. glaziovii* جينات مفيدة أخرى يمكنها أن تسهم في إطعام الملايين من سكان الأراضي القاحلة. فالنبات المهجّن بالنبات من النوع *M. glaziovii* وبالكسّافا يحتوي على نوعين من الجذور التي يتسم بعضها، فيما يشبه جذور الكسّافا، بأنه غنيّ بالنشا ومن ثم فهو صالح للأكل. أما النوع الآخر من الجذور فيمتد إلى مسافات طويلة تحت الأرض، مما يمكنه من الوصول إلى مصادر المياه الجوفية العميقة. تلك السمات تجعل هذه الهجائن من أفضل أنواع الكسّافا للمناطق شبه القاحلة، مثل شمال شرقي البرازيل أو بعض مناطق **السڤانا** savanna في جنوبي الصحراء الإفريقية. وقد أظهرت بعض هذه الأنواع مقاومة كبيرة للجفاف عند اختبارها من قبل المزارعين في پترولينا Petrolina، وهي واحدة من أكثر مناطق

(*) The Biotech Way

البرازيل جفافا. ويقوم فريق جامعة برازيليا حاليا بتحسين هذه الهجائن بحيث تجمع بين الإنتاجية العالية ومقاومة الجفاف، وذلك عن طريق **مزاوجتها تبادليا** backcrossing مع صنف عالي الإنتاجية من الكسّافا، ومن ثم انتقاء نسل عالي الإنتاجية يمكن توزيعه على نطاق واسع.

وهناك نوع مختلف من **المنابلة**[١] – وهي تقنية **التطعيم** grafting التي ثبتت فعاليتها على مر الزمن – يزودنا بطريقة أخرى لزيادة إنتاجية الجذور الدرنية لنبات الكسّافا، وهو ما اكتشفه فلاحو إندونيسيا لأول مرة في الخمسينات من القرن العشرين. وقد أدى تطعيم نبات الكسّافا بسيقان نباتين مثل *M. glaziovii* أو *M. pseudoglaziovii* (أو هجائن من الاثنين) إلى زيادة إنتاجية جذور الكسّافا في المزارع التجريبية حتى سبعة أضعاف. ولسوء الحظ، ففي كثير من البلدان يعوق تطبيق ممارسة التطعيم عدم توافر مثل هذه الهجائن.

الوقاية من الآفات[*]

إلى جانب زيادة المحتوى الغذائي والإنتاجية، فقد أدّى الاستيلاد الانتقائي دورا بالغ الأهمية في مقاومة انتشار الآفات والأمراض. ومن بين أهم الإنجازات التي تحققت في علم الكسّافا، نجد تحسين المقاومة **لڤيروس الكسّافا الفسيفسائي** the cassava mosaic virus. ففي العشرينات من القرن الماضي، أدى انتشار هذا الڤيروس في إقليم تنجانيكا في شرق إفريقيا (تنزانيا حاليا) إلى حدوث مجاعة كبيرة، غير أن باحثَيْن إنگليزيَّيْن كانا يعملان في تنزانيا تمكنا من تهجين النبات من النوع *M. glaziovii* بنبات الكسّافا المزروع، ومن ثم تمكنا من إنقاذ المحصول بعد نحو سبعة أعوام من الجهود المضنية. وفي السبعينات من القرن العشرين، عاد الڤيروس إلى الظهور مرة أخرى، مُهددا هذه المرة بعض المناطق في نيجيريا وزائير (جمهورية الكونغو الديمقراطية حاليا). وعندئذ تصدى لمقاومة الڤيروس باحثو **المركز الدولي للزراعة المدارية** (IITA) في نيجيريا، واستخدموا النوع *M. glaziovii* وهجائنه المشتقة من مجموعة جامعة برازيليا، ومن ثم تمكنوا مرة أخرى من إنتاج سلالات من الكسّافا المقاومة للڤيروس الفسيفسائي. وقد أدت السلالة التي تم تهجينها حديثا إلى نشوء فصيلة من سلالات الكسّافا المقاومة للڤيروسات، والتي تزرع الآن على مساحة تربو على أربعة ملايين هكتار في البلدان الإفريقية جنوبي الصحراء الكبرى؛ وخلال العقود التي تلت ذلك، أصبحت نيجيريا أكبر دولة منتجة للكسّافا في العالم. ومع ذلك، تخضع الڤيروسات للعديد من الطفرات الجينية، ومن ثم فمن المرجح في يوم ما أن تتمكن سلالات من الڤيروس الفسيفسائي من كسر حلقة المقاومة التي تتمتع بها أنواع الكسّافا المزروعة حاليا. وبناء عليه، سيكون من الضروري دائما القيام بعمليات الاستيلاد الوقائي لكبح جماح المرض.

تُعد ***حشرة البق الدقيقي*** *Phenacoccus manihoti* التي تهاجم الكسّافا واحدة من أشد الآفات التي تصيب هذا النبات في البلدان الإفريقية جنوبي الصحراء الكبرى. وهذه الحشرة، التي تقتل النبات بامتصاص عصارته، كانت لها تأثيرات مدمرة على وجه الخصوص في السبعينات وأوائل الثمانينات من القرن العشرين؛ فقد دمرت مزارع ومشاتل الكسّافا إلى حد أنها هددت المحصول بالانقراض. وبحلول نهاية السبعينات، تمكّن باحثو المركز IITA بالتعاون مع شركاء بحثيين من بلدان إفريقية أخرى ومن جنوب إفريقيا، من إدخال **زنبور مفترس**[٢] من أمريكا الجنوبية تضع أنثاه بيضها داخل حشرة البق الدقيقي، بحيث تقوم يرقات الزنبور

(*) Pest Insurance
(١) manipulation
(٢) predator wasp

المؤلفان

Rodomiro Ortiz | Nagib Nassar

*<**نجيب نصّار**> ولد في القاهرة، وحصل على الدكتوراه في علم الوراثة من جامعة الإسكندرية بمصر. بدأ أبحاثه على الكسّافا في جامعة برازيليا منذ عام 1975، حيث أنتج أصنافا من النبات لاقت نجاحا لدى المزارعين البرازيليين، كما تم تصدير بعضها إلى منتجي الكسّافا في إفريقيا. <**أورتيز**> ولد في ليما عاصمة بيرو، وحصل على الدكتوراه في الاستيلاد النباتي وعلم الوراثة من جامعة وسكنسن في ماديسون، وهو مدير سابق لتعبئة الموارد بالمركز الدولي لتحسين الذرة والقمح في تكسكوكو بالمكسيك.*

فــي النهاية بالتهام حشــرات البق الدقيقي من الداخل. وكنتيجة لهــذه الجهود، أمكن السيطرة على الحشرة في معظم المساحات المنتجة للكسّافا في معظم البلدان الإفريقية خلال عَقْدَيْ الثمانينات والتسعينات؛ غير أنه في مساحات صغيرة من زائير لم يعمل هذا النظام بصورة جيدة بسبب ظهور **مفترسات** predators تقضــي علــى الزنبــور الطفيلي نفســه. وفي منتصف العقد الماضي، بحث فريــق جامعة برازيليا في الأنواع البرية من المنيهوت عن حل جديد بالثقة لهذه المشكلة، فوجدوا سمات مقاومة لحشرة البق الدقيقي – مرة أخرى فــي النوع *M. glaziovii*. وفي الوقت الحالــي، تُزرع هــذه الأصناف من قبل صغــار المزارعين فــي المنطقة المحيطة بالعاصمة برازيليــا، ومن الممكن تصديرها إلى البلدان الأخــرى إذا عاد وباء الإصابة بحشرة البق الدقيقي.

وبالنظر إلى المستقبل، نتوقع أن نحصل على صفــات جديــدة وقيّمة من اســتيلاد **الخيمــرات** chimeras. والخيمر هو مُتَعض يمتلك نسـيجين مختلفــين جينيــا ينموان جنبــا إلى جنــب بداخلــه. وهنــاك نوعان أساســيان من الخيمرات. ففي النوع الأول (الخيمرات القطاعيــة)، يمكن رؤية قطاعين مختلفين طوليا من النسيج في أحد الأعضاء النباتيــة، إلا أن نموهما يتســم بعدم الثبات لأن أحد النســيجين ينمو بوتيرة أسرع من الآخر، ومن ثَمّ فســرعان ما قد يحتل كامل مساحة النبتة بمفرده. وفي النوع الثاني من الخيمرات ويطلق عليه اسم الخيمر **المحيطي** periclinal، يحيط الجزء الخارجي من النبتة بالجــزء الداخلي، ومن ثم فقــد يكون أكثر ثباتــا من الخيمر القطاعــي. وتجرى حاليا فــي جامعة برازيليا تجــارب لتطوير طريقة للتطعيــم يمكن بها إنتــاج خيمرات محيطية ثابتــة باســتخدام أنســجة من النــوع *M. glaziovii*. ومــن الممكــن أن تــؤدي هذه المقاربة إلى حدوث زيادة مستمرة في حجم الجذور كلما تمت زراعة ســاق خيمرية.وقد أظهرت النباتات الخيمرية حتى الآن إنتاجية واعدة، كما يبدو أنها تتكيف بصورة خاصة مع جو المناطق شبه القاحلة.

مما سبق، نخلص إلى أن الكسّافا يجب أن تحتــل أولوية كبرى بالنســبة إلى العلوم الزراعيــة، إلا أن هذا لم يحــدث في معظم الأحوال؛ فلم تتم دراسة هذا النبات سوى في عدد محدود من المختبرات البحثية، ربما لأنه يزرع أساسا في المناطق المدارية، بعيدا عن اهتمامات معظم الباحثين في الدول المتقدمة. وقد أدى هذا الوضع من ندرة الاستثمارات البحثية إلى تدني متوسط الإنتاجية السنوية للكسّافا في أمريكا الجنوبية والوسطى وفي إفريقيــا بحيث لا تتعدى إنتاجية الهكتار 14 طنا، مــع أن التجارب الحقليــة أظهرت أنه باستخدام بعض التحسينات يمكن أن تصل إنتاجيته إلى أربعة أضعاف المعدل السابق، ومن ثم لأسهم هذا في تغذية عدد أكثر بكثير من البشــر – ســواء في المناطق التي يُزرع فيها ذلك النبات أو في غيرها من الأماكن.

وعلى أيــة حال، فقد بــدأ اهتمام الدول المتقدمــة بالكسّــافا يــزداد؛ فباحثو مركز دونالــد دامــورث لعلوم النبات في ســانت لويس يقودون الآن مشروعا لإدخال جينات– مستمدة من نباتات أخرى أو من البكتيريا– إلى الكسّافا لتزيد من قيمتها الغذائية إضافة إلى إطالة عمرها التخزيني [*انظر الإطار في الصفحة 9*].

ومن المرجــح أن تؤدي سَلْسَــلة جينوم الكسّافا، الذي نُشرت مسودته الأولى مؤخرا، إلى تعزيز تطوير الكسّــافا المحوّرة جينيا، كما ستساعد برامج الاستيلاد التقليدية من خلال تقنية ***الاســتيلاد المساعَد بالواسمة*** *marker-assisted breeding*، التي تستند إلى المعلومات المســتمدة مــن التحليل الجيني لتوجيــه عملية اســتيلاد الصفات المرغوب فيها. هذا وإن إنشاء شــبكة عالمية لتنسيق جهود جميع المؤسسات التي تُجري أبحاثا على الكسّــافا ســيضمن ألا تُهدر إمكانات هذا المحصول. ■

مراجع للاستزادة

Back to the Future of Cereals. Stephen A. Goff and John M. Salmeron in *Scientific American,* Vol. 291, No. 2, pages 26–33; August 2004.

Future Farming: A Return to Roots? Jerry D. Glover, Cindy M. Cox and John P. Reganold in *Scientific American,* Vol. 297, No. 2, pages 66–73; August 2007.

Failure to Yield: Evaluating the Performance of Genetically Engineered Crops. Doug Gurian-Sherman. Union of Concerned Scientists, 2009. Available at **www.ucsusa.org/food_and_agriculture**

***Scientific American*, May 2010**

عوامل شفائك الكامنة في جسمك[*]

يمكن لإعادة برمجة خلايا مأخوذة من جسمك أن تهبها الطاقة العلاجية التي تتمتع بها الخلايا الجذعية الجنينية، بعيدا عن الجدل السياسي.

<K. هوشدلنگر>

لا أنسى انفعالي صباحَ أحد أيام شتاء عام 2006 حينما دقَّقتُ النظر عبر عدسة المجهر في مختبري ورأيت مستعمرة خلايا بَدتْ تماما كالخلايا الجذعية الجنينية. لقد تعنْقدتْ واتخذت شكل كومة صغيرة بعد انقسامها في طبق پتري petri dish على امتداد نحو ثلاثة أسابيع. كانت تتوهَّج **بالواسمات**[٢] markers المتألِّقة الملوَّنة نفسها التي يعدُّها العلماء إحدى علامات **كثرة قدرات**[٣] الخلية الجنينية، وهذا يعني إمكان توليدها أي نمط نسيجي في جسم كائن حي. ولكن الخلايا التي كنتُ أنظر إليها لم تأتِ من جنين بل كانت خلايا اعتيادية لفأرة بالغة بدا أن شبابها تجدَّد بإضافة خليط بسيط من الجينات.

هل من السهل جدا إرجاع الساعة الداخلية لأي خلية حيوان ثديي إلى الوراء وإعادتها إلى حالتها الجنينية؟ لم أكن المتسائل الوحيد في ذلك الوقت. لقد كان <Sh. ياماناكا> وزملاؤه [من جامعة طوكيو] قد نشروا لتوِّهم دراسة بالغة الأهمية في الشهر 2006/8 أظهروا فيها صيغتهم لإنشاء ما دعوه **الخلايا الجذعية الكثيرة القدرات المحرَّضة** (iPSCs)[١] بدءا من خلايا جلدية للفئران. وعلى مدى سنوات، بذل الباحثون جهودا حثيثة كبيرة بغية فهم وضبط الإمكانية الهائلة للخلايا الجذعية الجنينية لإنتاج نسج حسب الطلب لاستخدامها في الطب والأبحاث، إضافة إلى مواجهة الجدل السياسي والأخلاقي الذي يثيره استخدام الأجنة، والعقبات العلمية والآمال الكاذبة التي ولّدتها «**الاختراقات العلمية**»[٤] السابقة التي لم يحالفها النجاح. ولهذا، أصيب علماء الخلية الجذعية بالدهشة وخامرهم بادئ الأمر بعض الشك في نتائج الفريق الياباني. غير أنني استطعت في مختبري ذاك الصباح أن أرى بأم عينيّ نتائج اتباع طريقة ‹ياماناكا›.

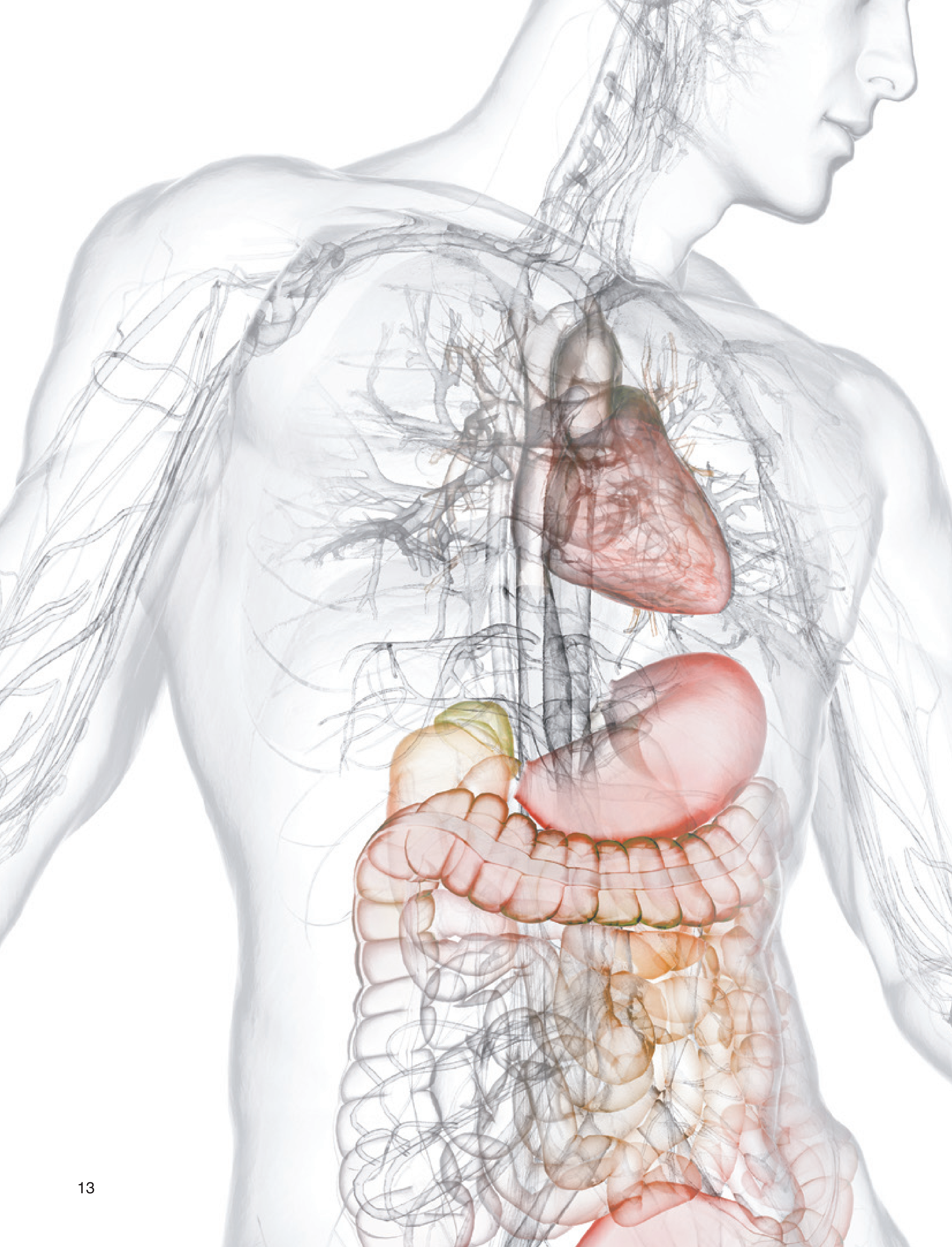
وقد تمكَّن أيضا علماء آخرون من إعادة إنتاج ما أنجزه هذا العالم الياباني، وظهرت تقنيات محسَّنة للحصول على الخلايا iPSCs واختبارها سريعا خلال السنوات القليلة المنصرمة. واليوم يعمل آلاف العلماء في العالم على تطوير القدرة الكامنة للخلايا iPSCs من أجل فهم ومعالجة الأمراض البشرية التي لاتزال تتحدى وسائل العلاج كالداء السكري من

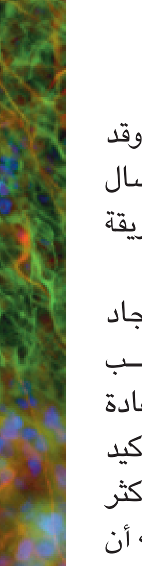
مفاهيم مفتاحية

- إن الخلايا الجذعية الكثيرة القدرات المحرَّضة (iPSCs)[١] هي خلايا جسمية ناضجة جرى التدخّل فيها لتغيّر هوياتها وترتد إلى حالة مماثلة للحالة الجنينية من دون مساعدة البيوض أو الأجنة.
- إن إعادة الشباب إلى الخلايا الجسدية العادية لأي فرد، ومن ثم تحويلها إلى أيٍّ من الأنماط الخلوية البشرية الـ 220، يمكنها أن تقدم معالجات جديدة للأمراض وأن تصنع نسجا تعويضية.
- يعكف العلماء حاليا على معرفة كيف تستطيع هذه الخلايا أن تعكس حركة ساعاتها البيولوجية وعلى معرفة ما إذا كان النوع الأحدث من الخلايا الجذعية سيبرهن على أن قدرته مكافئة لقدرة الخلايا الجنينية.

محررو ساينتفيك أمريكان

(*) Your Inner Healers
(١) induced pluripotent stem cells
(٢) أو العلاّمات.
(٣) «pluripotency» كثرة القدرات، و«multipotency» تعدد القدرات.
(٤) break throughs أو الفتوح العلمية.





وعدٌ بإيجاد علاج(**)

جرى توليد العصبونات nourons (في *الأعلى*) من خلايا محرّضة كثيرة القدرات صُنعت من خلايا جلدية لمرضى مصابين بداء پاركنسون. وبالمقدرة على أخذ خلية جسدية ناضجة وتحويلها إلى حالة جنينية، ثم إلى أي نمط نسيجي مرغوب، سيكون بوسع العلماء دراسة كيف تنشأ أنواع من الأمراض، وتطوير أدوية تجريبية تعيق سيرورة هذه الأمراض، وفي النهاية إنتاج نسج تعويضية سليمة لاستخدامها في المعالجات.

النمط 1 وداء ألزهايمر وداء پاركنسون. وقد أدى إمكان تغيير هوية الخلية بمجرد إيصال بعض الجينات المختارة إلى تحويل طريقة تفكير العلماء في تطور الإنسان أيضا.

وعلى مرّ العصور، حلم البشر بإيجاد **نبع الشباب**[1] للتخلص من عواقب الشيخوخة والمرض، والقدرة على إعادة خلية بالغة إلى حالة جنينية توحي بالتأكيد أن الإنسان قد اقترب من تحقيق حلمه أكثر من أي وقت مضى. ومما لا ريب فيه أن هذه التقانة لا تزال في بداياتها، ولابدَّ من الإجابة عن أسئلة عديدة مهمة قبل أن يتمكن المرء من معرفة هل ستُغير الخلايا iPSCs طريقة الممارسة الطبية، أو حتى هل ستبرهن في الواقع على أنها مكافئة للخلايا الجذعية الجنينية الأكثر إثارة للجدل.

قوة بدئية (منْشَمية)(*)

يجب على كل باحث إدراكُ الصفات التي تجعل الأجنة متميزة جدا كي يدرك الآمال التي أثارها اكتشاف الخلايا iPSCs. فالدراسات الحالية للخلية iPSC تعتمد اعتمادا كبيرا على التقنيات والمفاهيم التي تم التوصل إليها من خلال البحث في الخلايا الجنينية على امتداد السنوات الثلاثين الماضية، وخصوصا ظاهرة كثرة القدرات. وعادة يتبع تطور الثدييات طريقا وحيد الاتجاه، فيه تصبح الخلايا تدريجيا أكثر تخصصا وأقل قدرة على التحول مع الزمن، وهي سيرورة تسمى **التمايز** differentiation. وليس لدى جميع خلايا الجنين القدرة على أن تصير أيًّا من الـ 220 نمطا خلويا في جسم الإنسان إلاّ في فترة قصيرة مبكرة جدا في أثناء التطور. ويولد استخلاص تلك الخلايا وإنماؤها في **مزرعة (مستنبت)** culture خلايا جذعية جنينية. وإن قدرة الخلايا الجذعية الجنينية الحقيقية على المحافظة غير المحدودة على قدرة تكوينها لأيّ نمط نسيجي تُعرِّف المصطلح «**كثيرة القدرات**» pluripotent.

تغدو الخلايا الجذعية، حتى في مرحلة متأخرة من الحياة الجنينية، متخصصة إلى حد أنها لا تستطيع أن تعطي فيه إلاّ فصائل معينة من الأنماط الخلوية، كتلك الموجودة في العضلات والعظام. وهذه الخلايا تعتبر **متعددة القدرات** multipotent؛ إذ لم تعد كثيرة القدرات. إن جميع ما يتبقى من تلك الأسلاف في إنسان بالغ هو ما يدعى الخلايا الجذعية البالغة التي تعوّض نقص الخلايا الناضجة في النسج. وعلى سبيل المثال، تعيد خلايا الدم الجذعية باستمرار توليد الأنماط الخلوية والمناعية الاثني عشر المختلفة، وتتولى الخلايا الجذعية الجلدية مسؤولية إعادة إنماء جلدنا وشعرنا كل بضعة أسابيع.

إن الأمر الوحيد الذي لا يحدث إطلاقا في الظروف الاعتيادية في الثدييات هو زوال تمايز الخلايا، أي ارتدادها إلى نمط أكثر بدائية. وفي الحقيقة، إن الاستثناء الوحيد لهذه القاعدة هو الخلايا السرطانية التي يمكن أن تصبح أقل تمايزا من النسيج الذي تنشأ فيه بادئ الأمر. ولسوء الطالع، بوسع بعض الخلايا السرطانية أيضا أن تستمر بالانقسام إلى مالانهاية مُظهرةً **تخلُّدا**[2] شبيها بما تُظهره الخلايا الكثيرة القدرات.

وحتى وقت قريب، كانت الطريقة الوحيدة

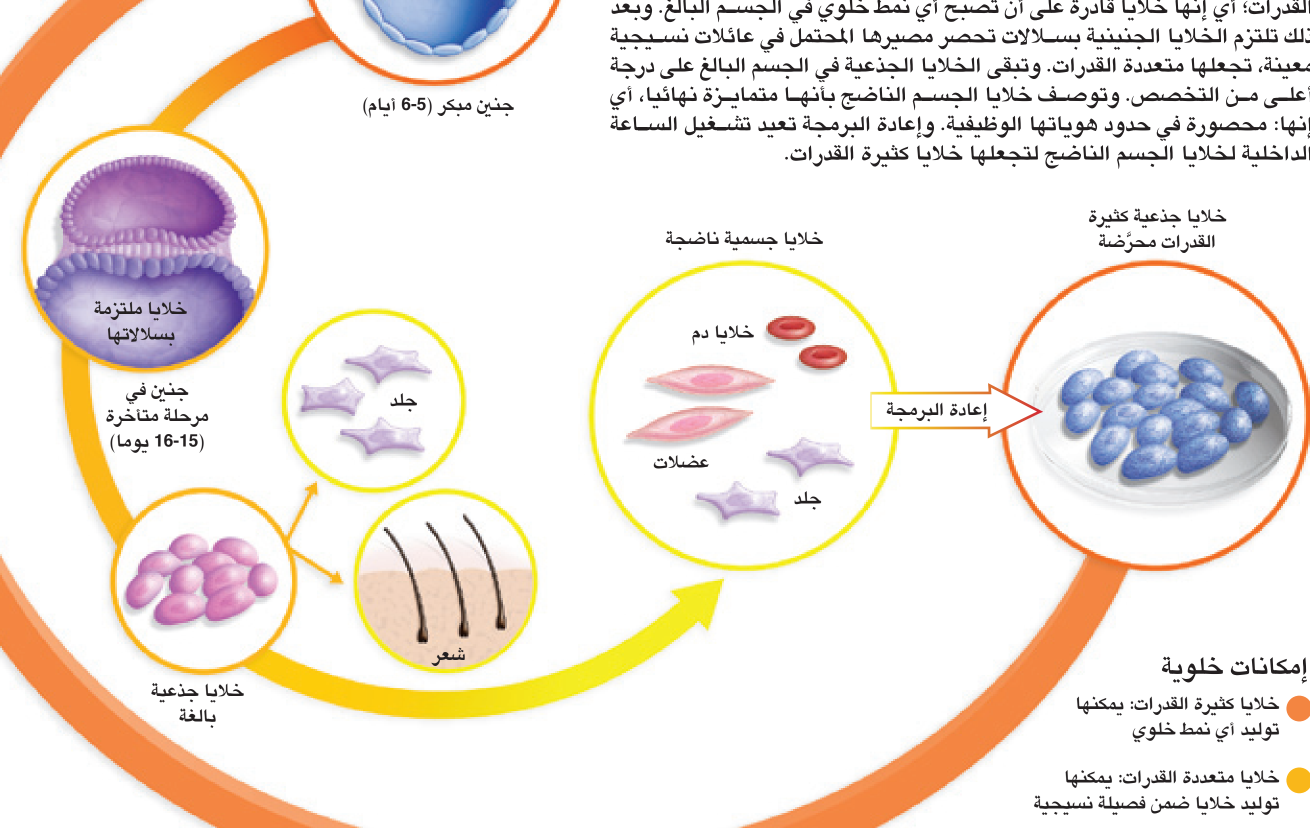
على مرّ العصور، كان البشر يحلمون بإيجاد «نبع الشباب» للتخلص من عواقب الشيخوخة والمرض.

(*) Primordial Power
(**) Therapeutic Promise
(1) Fountaiwwn of Youth
(2) immortality



ساعة بيولوجية[*]

إن الهويات المحتملة لخلية في جسم إنسان وهو ينمو، تصبح محدودة مع مرور الزمن والتخصص المتزايد، مع أنه يبدو أن الخلايا iPSCs تتجاوز تلك القواعد. وفي الأحوال العادية، تكون خلايا الجنين في باكورة حياته الجنينية فقط هي خلايا كثيرة القدرات؛ أي إنها خلايا قادرة على أن تصبح أي نمط خلوي في الجسم البالغ. وبعد ذلك تلتزم الخلايا الجنينية بسلالات تحصر مصيرها المحتمل في عائلات نسيجية معينة، تجعلها متعددة القدرات. وتبقى الخلايا الجذعية في الجسم البالغ على درجة أعلى من التخصص. وتوصف خلايا الجسم الناضج بأنها متمايزة نهائيا، أي إنها: محصورة في حدود هوياتها الوظيفية. وإعادة البرمجة تعيد تشغيل الساعة الداخلية لخلايا الجسم الناضج لتجعلها خلايا كثيرة القدرات.



لإرجاع الساعة التطورية لخلية بالغة عادية تعتمد على **دَوْلبات**[1] معقدة للاحتيال عليها كي تتخذ سلوك خلية جنينية، وهي سيرورة تدعى **إعادة البرمجة الخلوية** cellular reprogramming. وأقدم طريقة للتوصل إلى إعادة البرمجة هذه، تتمثل **بنقل نواة الخلية الجسدية**[2]، أو **الاستنساخ**[3]، الذي يقتضي حقن المادة الوراثية من خلية بالغة إلى **خلية بيضة**[4] نُزع **دناها** (DNA). ويتطور **هجين البيضة والدنا**[5] هذا إلى جنين في مرحلة مبكرة ومنه يمكن أن تُستخلص خلايا جذعية كثيرة القدرات.

وقد لقي نقل النواة اهتماما كبيرا لأنه وسيلة ممكنة لإنتاج خلايا جذعية كثيرة القدرات مفصلة حسب الطلب لتحل محل أي نسيج أصابه الضرر عقب أذية أو مرض. وقد ظهر هذا الاهتمام منذ الإعلان عن استنساخ النعجة دوللي Dolly عام 1997 وعن استفراد خلايا جذعية جنينية عام 1998. ويبدو فعلا أن عوامل غير مفهومة جيدا داخل البيضة تعيد على نحو حقيقي شباب المادة الوراثية إلى الخلية المانحة البالغة، ويصل التأثير حتى إلى **القُسَيْمات الطَّرَفية** telomeres – وهي القلانس التي تحمي نهايات الكروموزومات



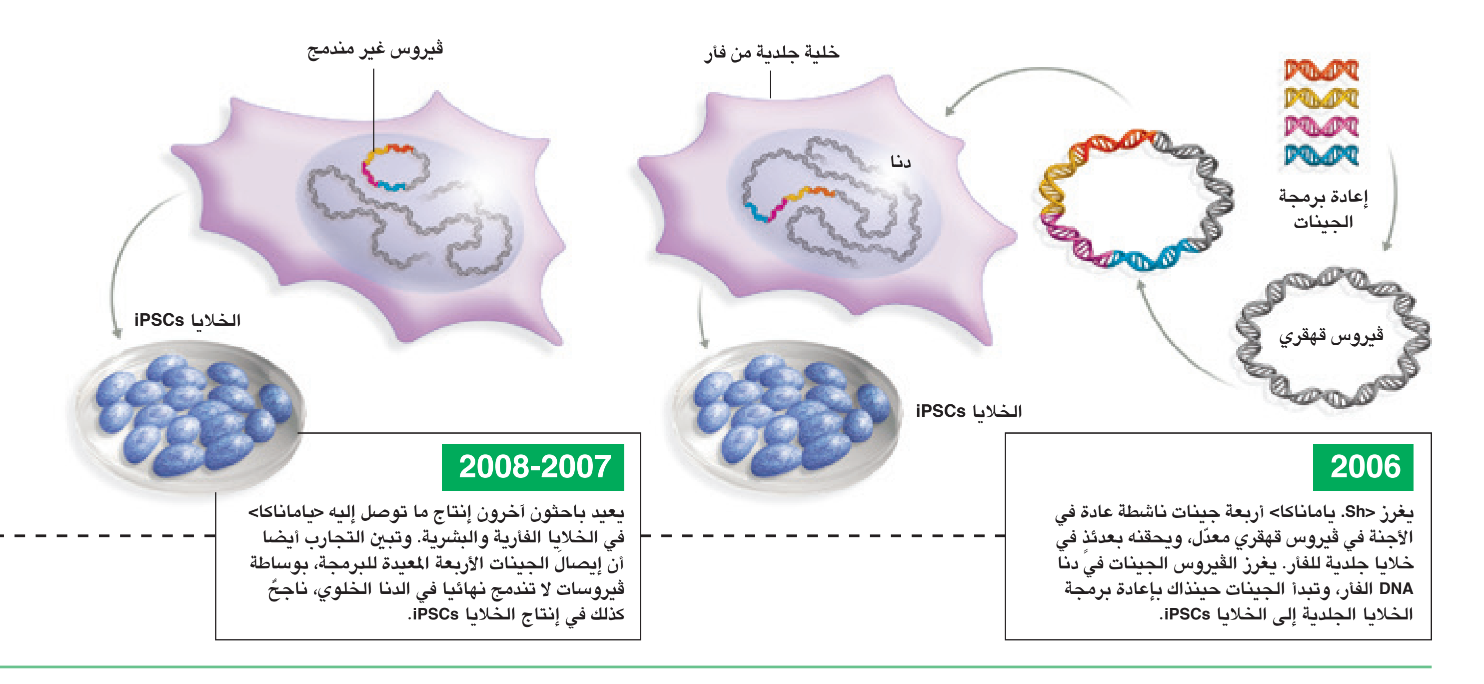
الاستنساخ[**]

يمثّل نقل نواة خلية ناضجة إلى بيضة طريقة أخرى من إعادة برمجة دنا شخص بالغ إلى حالة جنينية. ولأسباب مجهولة حتى الآن أخفقت محاولات اشتقاق خلايا جنينية من أجنة نسائل بشرية.

(*) A Biological Clock
(**) Cloning
(١) manipulations أو منابلات.
(٢) somatic cell nuclear transfer
(٣) cloning
(٤) egg cell
(٥) DNA-egg hybrid

تقدم سريع نحو إرجاع آمن لشباب الخلايا(*)

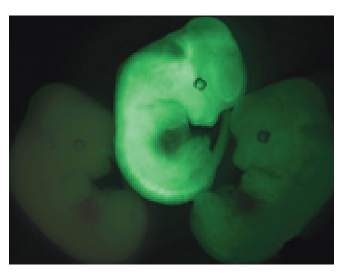
قبل أربع سنوات فقط بيّن العلماء في اليابان لأول مرة أن بإمكان مجموعة من الجينات المنقولة بفيروس قهقري أن تحوّل خلايا جلدية لفئران بالغة إلى خلايا جذعية كثيرة القدرات. ومنذ ذلك الحين يعمل الباحثون على تحقيق الغاية ذاتها بطرائق أكثر بساطة وأمانا وفعالية، وهذه خطوات مفتاحية لجعل المداواة حقيقة واقعة.



التي تهترئ مع تقدم السن - التي تترمّم وترتد إلى حالة فتيَّة. ولكن مع التقدم الذي أُحرز في مجال الحيوانات، إلا أن محاولات إنتاج خلايا جذعية جنينية بالاستنساخ (الاستنسال) باءت بالفشل.

تجاوز ‹ياماناكا› وفريقه هذا الطريق المسدود باتباع أسلوب جديد لتحويل الخلايا البالغة مباشرة إلى خلايا كثيرة القدرات من دون استخدام البيوض والأجنة. وعوضا عن إدخال المادة الوراثية البالغة إلى البيضة، رأوا أن إدخال الجينات النشيطة عادة فقط في الأجنة إلى خلية بالغة قد يكفي لإعادة برمجة تلك الخلية إلى حالة شبيهة بالجنينية. وكان إنجازهم الأول هو تعرُّف خليط من 24 جينا مختلفا تفعَّلت في الخلايا الكثيرة القدرات ولكن بقيت خاملة في الخلايا البالغة. وحينما جرى إدخالها في خلايا جلدية باستخدام وسائل توصيل من **فيروسات قهقرية** retroviruses أعادت هذه الجينات على نحو شبه سحري برمجة هوية الخلايا الجلدية ومنحتها هوية الخلايا الكثيرة القدرات. ومع مزيد من التجارب وجد ‹ياماناكا› أن أربعة جينات فقط هي: *Oct4*، *Sox2*، *Klf4*، *c-Myc* كانت في الحقيقة ضرورية لإنتاج الخلايا iPSCs.

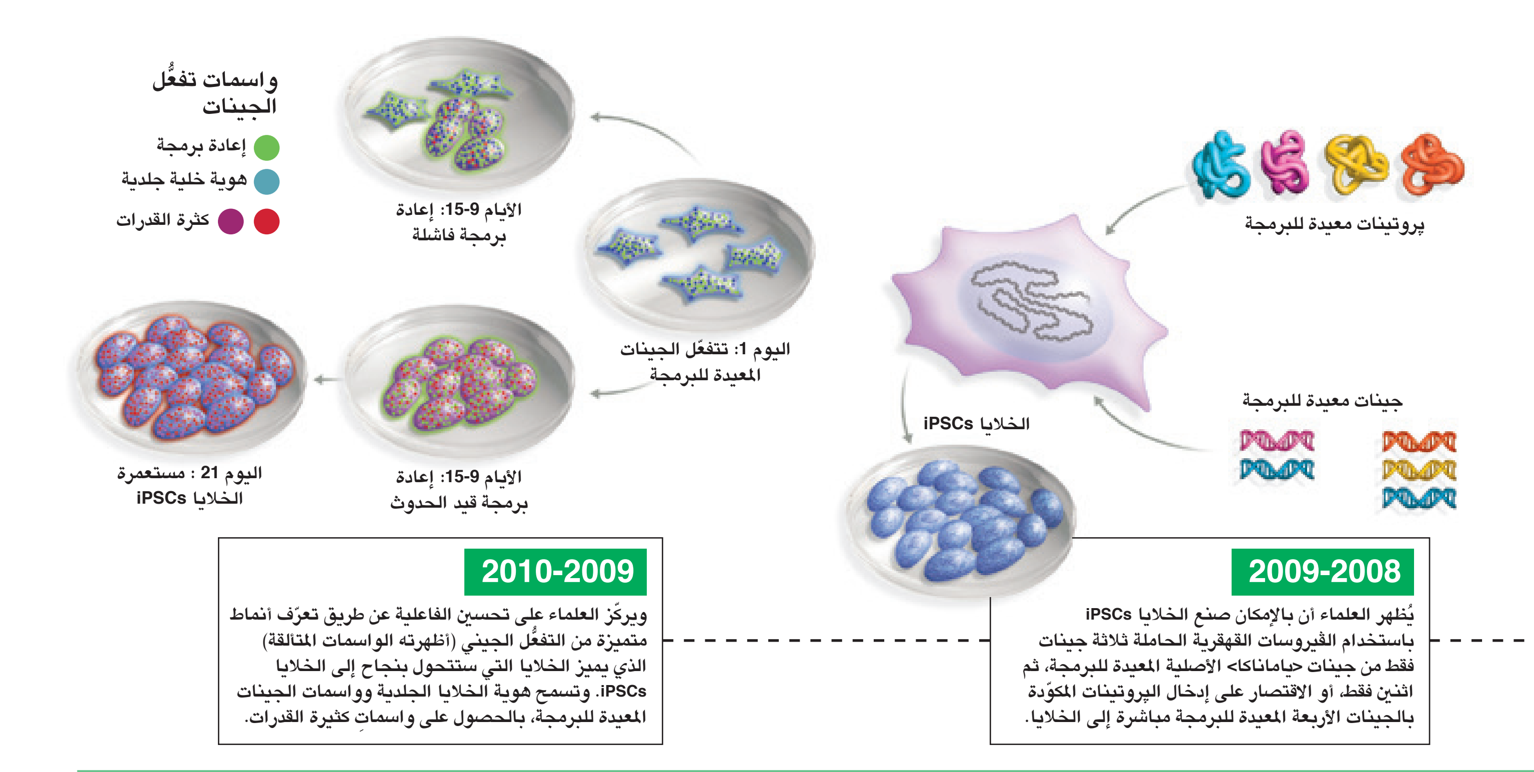
وحالما نجحت عدة مختبرات مستقلة، بما فيها مختبري، في تكرار الحصول على تلك النتائج، أضحت هذه الحيلة السحرية حقيقة بيولوجية. وقد تمَّ حتى الآن إعادة برمجة نحو 12 نمطا خلويا بالغا مختلفا إلى خلايا iPSCs من أصل ما مجموعه أربعة أنواع مختلفة (فأر، إنسان، جرذ، قرد)، ومن المؤكد أن تتبع ذلك أنماط أخرى. إن اكتشاف الخلايا iPSCs مثير جدا للباحثين في مجال الخلايا الجذعية، لأنهم يستطيعون بوساطته التغلب على تعقيدات الاستنساخ التقنية واجتناب معظم القيود الأخلاقية والقانونية المتصلة بأبحاث الأجنة البشرية. ولكن هذا النمط الخلوي الكثير



اختبار قدرة الخلايا الفعلية(**)

إن الاختبارات المعيارية الحاسمة التي تجريها المختبرات لتقرير ما إذا كانت الخلايا الجذعية خلايا كثيرة القدرات فعليا تهدف إلى إيضاح قدرة الخلايا على تصنيع أي نمط نسيجي في الجسم. وعلى سبيل المثال، يجب على الخلايا الكثيرة القدرات الموسومة بالتألّق أن تندمج في جسم الفأرة التي هي قيد النمو *(الأخضر الفاتح في الأعلى)*. إن إيجاد طرق بديلة لإثبات كثرة قدرات الخلايا iPSCs البشرية هو هدف مهم.

(*) Rapid Progress toward Safe Cell Rejuvenation
(١) Testing cells True Potential



2009-2008

يُظهر العلماء أن بالإمكان صنع الخلايا iPSCs باستخدام الفيروسات القهقرية الحاملة ثلاثة جينات فقط من جينات «ياماناكا» الأصلية المعيدة للبرمجة، ثم اثنين فقط، أو الاقتصار على إدخال البروتينات المكوّدة بالجينات الأربعة المعيدة للبرمجة مباشرة إلى الخلايا.

2010-2009

ويركّز العلماء على تحسين الفاعلية عن طريق تعرّف أنماط متميزة من التفعُّل الجيني (أظهرته الواسمات المتألقة) الذي يميز الخلايا التي ستتحول بنجاح إلى الخلايا iPSCs. وتسمح هوية الخلايا الجلدية وواسمات الجينات المعيدة للبرمجة، بالحصول على واسماتِ كثيرة القدرات.

القدرات له مشـــكلاته الخاصة. وإن ضبط الجودة والأمان هو ما تركّز عليه الآن بصفة أساســية أبحاث الخلايا iPSCs، إذ يسعى العلماء إلى ترسيخ حقيقة هذه الخلايا وما باستطاعتها أن تفعله.

أزمات هوية(*)

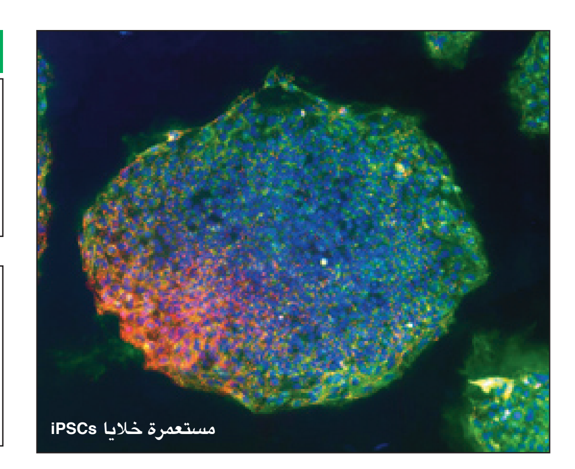
على الرغم من أن مســـتعمرات الخلايا iPSCs قـــد تبدو تحـــت المجهـــر كالخلايا الجذعيـــة الجنينيـــة ويمكنهـــا أن تُظهـــر الواسمات الجزيئية التي تتسم بها الخلايا الكثيرة القـــدرات، فالبرهـــان القاطع على كثرة قدراتها يأتي مـــن الاختبار الوظيفي. والســـؤال المطروح هو: هل تســـتطيع هذه الخلايا أداء جميع ما بوسع الخلية الكثيرة القـــدرات – وفقـــا للتعريـــف – أن تؤديه؟ فحتى مستعمرات الخلايا الجنينية يمكنها أن تحوي بعض الخلايا التي لا تُظهر صفة كثرة القدرات لخلية جذعية جنينية حقيقية، وقد طوَّر العلمـــاء بضعة اختبارات روتينية لقيـــاس صفة كثـــرة قدرات الخليـــة. فهذه الاختبارات تقيس، حسب تدرجها من الأقل إلى الأشـــد صرامة، الصفات التالية: قدرة الخلايا الجذعية على إنتاج أنواع كثيرة من أنماط الخلايا الجسدية في طبق بتري حين تعرُّضـها **للمشعرات** cues التطورية الملائمة؛ وقدرتها على إنتاج **ورم مَسْـخي** teratoma (نمـــط مـــن ورم يضـــم خلايا مـــن جميع السلالات النسيجية الجنينية) حينما تُحقن تحت جلد الفـــأر؛ وقدرتها، حين حقنها في جنين فأر في مرحلة مبكرة، على الإســـهام في تطور جميع الســـلالات النسيجية، بما فـــي ذلك **الخلايـــا الإنتاشـــية**(1) في الفأرة الوليدة الناتجة.

وفـــي حـــين تجتـــاز الخلايـــا الجذعية الجنينية بصفة عامة جميع هذه الاختبارات، يخفق كثير من الخلايا iPSCs في اجتيازها. وأظهر تفحـــص أعمق للخلايا التي لا تنجح في الاختبارات أن الڤيروســـات المستخدمة لتوصيـــل الجينات المفتاحيـــة الأربع المعيدة

(*) Identity Crisis
(1) germ cells أو sex cells خلايا جنسية.

خلايا مفصّلة خصوصا لمعالجة الأمراض(*)

إن القدرة على تحويل خلايا من الجلد أو الدم إلى خلايا iPSCs ومن ثم إلى أي نمط خلوي آخر قد تشفي من الأمراض بطريقتين: ففي المستقبل القريب جدا سيتاح ذلك بالسماح للعلماء بـ «نمذجة» الأمراض واختبار العقاقير في طبق پتري، وربما في عقد مقبل بوساطة إصلاح النسج المصابة أو استبدالها.



مستعمرة خلايا iPSCs

الهدف التطبيقي	الوضع الراهن
نمذجة المرض تحويل الخلايا iPSCs المأخوذة من المرضى إلى نمط نسيجي مصاب، ومن ثم دراسة ترقّي المرض واستجابات تلك الخلايا للعقار.	▪ يجري استخدام الخلايا iPSCs البشرية لتوليد 12 نمطا نسيجيا، بما في ذلك خلايا تمثل اضطرابات مختلفة كداء پاركنسون والداء السكري. ▪ جرت «معالجة» أعراض ضمور العضلات الملساء وخلل الوظائف المستقلة العائلي في الخلايا المزروعة.
المداواة الخلوية هدفها تحويل الخلايا iPSCs المشتقة من إنسان مريض إلى خلايا سليمة صالحة للزرع في ذاك الفرد.	▪ 10 سنوات أو أكثر في المستقبل. ▪ تم زرع عصبونات مشتقة من الخلايا iPSCs في جرذان لمعالجتها من أحد أشكال داء پاركنسون. ▪ لقد أدى استخدام الخلايا الدموية السلفية المشتقة من الخلايا iPSCs ومعها جينات فقر الدم المنجلي المصححة، إلى شفاء الفئران من المرض.

للبرمجة إلى خلايا جلدية هي في الغالب غيرُ متوقفة عن العمل على نحو كامل، وأن جينات مهمة في دنا الخلايا الأصلي غيرُ مؤهبة للعمل على نحو كامل أيضا؛ وينتج من هذا خلايا فقدت هويتها الخلوية الجلدية دون أن تربح هوية الخلايا الكثيرة القدرات. ولذلك، ليست هذه الخلايا التي أُعيدت برمجتها جزئيا مؤهَّلةً كي تُعدّ خلايا أصيلة كثيرة القدرات.

والدراسات الجارية للخلايا iPSCs التي تجتاز جميع اختبارات كثرة القدرات، تهدف إلى تحديد دقيق للفوارق التي تميز الخلية «الجيدة» من «السيئة». ومثال ذلك أن <Th.> شلايگر> و<G.> دالي> وزملاؤهما [من جامعة هارفرد] تعرّفوا حديثا نموذجا من النشاط الجيني في خلايا جلدية خاضعة للسيرورة الطويلة (قرابة 3 أسابيع) التي تجعلها تغير هويتها إلى هوية خلايا كثيرة القدرات. وقد أظهرت هذه الخلايا في أثناء انتقالها واسمات متألقة ميَّزتها في المستعمرة ذاتها من الخلايا التي لن تصبح خلايا iPSCs في نهاية المطاف؛ ولذا يمكن استخدام هذا النموذج مؤشرا مبكرا إلى تحوُّل ناجح.



ضبابية الأخلاق(**)

إن حقن الخلايا iPSCs في جنين فأر قيد النمو يعطي حيوانا خَيْمَريا (ذا خلايا مختلفة المنشأ الوراثي) (في *الأعلى*) يُظهر وجود خلايا غريبة في خليط ألوان فروته. من الناحية النظرية، يمكن للتقنية ذاتها أن تولّد جنينا بشريا خَيْمَريا؛ كما يمكن نظريا للخلايا iPSCs أن تولّد نطفة وبيضة لإنتاج جنين بشري بطريق الإخصاب التقليدي في الزجاج. وهكذا، قد تطرح كثرة قدرات الخلايا iPSCs بعضا من المشكلات الأخلاقية ذاتها التي تطرحها أبحاث الأجنة البشرية.

ولما كان العلماء غير قادرين أخلاقيا على تطبيق أشدّ اختبارات كثرة القدرات صرامة، أي حقن الخلايا iPSCs المأخوذة من البشر في الأجنة البشرية، كان من المهم جدا ضمان وفاء هذه الخلايا البشرية المستخدمة بجميع المعايير الأخرى لكثرة القدرات. وتشمل هذه اختبارات الكبت الكامل للڤيروسات التي تكمن فيها قابلية الإيذاء والمستخدمة لإيصال الجينات المعيدة للبرمجة. وعلى سبيل المثال، يُذكر أن أعضاء فريق <ياماناكا> اكتشفوا أن ثلث الفئران التي ولّدوها بحقن الخلايا iPSCs في أجنّة فئران قيد التطور تشكلت لديها فيما بعد سرطانات نجمت عن بقاء بعض النشاط الڤيروسي القهقري الذي كان واجبا كبحه.

إن إحدى المشكلات الأساسية في استخدام الڤيروسات القهقرية كنواقل لإيصال الجينات هي أن هذه الأنواع من الڤيروسات (وأحد أمثلتها ڤيروس الإيدز HIV) تدمج ذاتها مباشرة في طاق دنا الخلية المضيفة (الثويّة)، وبذا تصبح جزءا من **جينومها (مجينها)** genome. فهذه

(*) Custom-Tailored Cells to Cure Disease
(**) Ethics Unclear

القدرة تسمح باستقرار الجينات المضافة على نحو دائم، وبقائها نشيطة في الخلية المضيفة، ولكن قد يحصل تضرر في الدنا يؤدي إلى تغيرات سرطانية في الخلية حسب المكان الذي ينغرز فيه الڤيروس. ولهذا تُبذل الجهود الرامية إلى إنتاج خلايا iPSCs أكثر أمانا. وفي هذا السياق طوَّرت مختبرات عديدة طرائق لتفادي دَوْلبات جينية دائمة للخلايا.

وقد استخدم فريق البحث العامل معي نمطا معدَّلا من **الڤيروس الغُدّاني** adenovirus، الذي يسبب عادة الزكام لدى البشر، من أجل إيصال الجينات الأربعة المعيدة للبرمجة إلى خلايا الفأر دون اندماجها في الجينوم الخلوي. وتبقى الڤيروسات الغُدّانية داخل الخلايا فترة قصيرة كافية فقط لتحويلها إلى خلايا iPSCs. وحينما قمنا بحقن الخلايا الكثيرة القدرات الناتجة في أجنة الفئران، اندمجت هذه الخلايا سريعا في الحيوانات التي كانت قيد النمو، والتي كانت جميعها خالية من الأورام حين نضجها. إن هذا الاكتشاف، إلى جانب الطرائق البديلة المتعددة لإنتاج خلايا iPSCs خالية من الڤيروسات، سوف يقضي على عقبة كبرى كي يأتي اليوم الذي يمكن فيه استخدام هذه الخلايا مباشرة في المعالجات البشرية.

إن أقصى ما يأمله الباحثون هو إنتاج خلايا iPSCs من دون استخدام أي نمط ڤيروسي، وأن يعتمدوا بدلا من ذلك على مجرد تعريض الخلايا البالغة لتوليفة من العقاقير ذات التأثير المحاكي لتأثير الجينات المعيدة للبرمجة. وقد توصّل <Sh. دينگ> [من معهد أبحاث سكريپس] و<A.D. ميلتون> [من جامعة هارڤرد] وآخرون إلى تعرُّف مواد كيميائية يمكنها أن تحلّ محلّ كل من الجينات الأربعة المعيدة للبرمجة بحيث تفعِّل كل مادة كيميائية مسلك تآثرات جزيئية داخل الخلية بدلا من أن يفعله الجين. ولكن حينما خضعت العقاقير الأربعة معا



خلايا للبيع[*]

إن أول منتج تجاري مُسوَّق ومصنوع من الخلايا iPSCs البشريةَ هو منتجٌ خلوي قلبي، اسمه iCell Cardiomyocytes، موجَّهٌ إلى الشركات الصيدلانية لتستخدمه في اختبار تأثيرات أدوية قلبية محتملة.

للتجربة، برهنت على نقص كفايتها لصنع خلايا كثيرة القدرات. وقد لا يتعدى الأمر أن يكون مسألة زمن لابد من مروره حتى يحلّ وقتٌ يجد فيه الباحثون العقاقير ذات الخليط والتركيز الملائمين لإعادة برمجة الخلايا إلى خلايا iPSCs من دون استخدام الڤيروسات على الإطلاق.

خلايا شافية؟[**]

لمّا كانت الخلايا الكثيرة القدرات قادرة على توليد أي نمط من نسج الجسم، فالتطبيق الأشد استحواذا على خيال الجمهور هو إمكان استخدامها لإنتاج بدائل للخلايا والأعضاء التي تضررت جرّاء الأمراض، كالعصبونات التالفة بسبب داء پاركنسون أو أذية النخاع الشوكي، أو كالنسيج القلبي المتأذي نتيجة نوبة قلبية. فالقدرة على تحويل الخلايا البالغة المأخوذة من متلقّي الطُّعم إلى خلايا كثيرة القدرات ومن ثَمّ جعل تلك الخلايا تكوّن النسيج المرغوب، يعني أن قطعة الاستبدال هذه مناسبة على نحو كامل، جينيا ومناعيا، لجسم المتلقّي. وفضلا عن ذلك، يمكن استخدام الخلايا الجلدية التي يسهل الوصول إليها لإنتاج أي نوع من الخلايا المطلوبة، بما في ذلك خلايا الأعضاء والنسج التي يصعب الوصول إليها كالدماغ والپنكرياس (المعثكلة).

وهذه التقنية تقدم أيضا إمكان إصلاح الطفرات الجينية المسببة للمرض قبل إعادة إدخال الخلايا الجديدة إلى الجسم، وهي طريقة استخدمت في الخلايا الجذعية البالغة التي تعيد على نحو طبيعي توليد بعض النسج. غير أن النجاح كان محدودا لأنه من المعروف أن تنمية تلك الخلايا الطليعية ودَوْلبتها شديدتا الصعوبة خارج الجسم.

وتوحي التجارب الحديثة على الفئران

(*) Cells For Sale
(**) Healing Cells?

أن معالجــة الأمــراض الوراثيــة بالخلايا iPSCs هي في واقع الأمر ممكنة. وعام 2007 بَيَّن <R. جينيش> [من معهد ماساتشوستس للتقانــة] على وجه الخصوص أن بوســع الخلايــا iPSCs شــفاء فقر الــدم المنجلي في الحيوان. وهــذا المرض ينجم عن طفرة جينيــة مفردة تســبب اتخاذ خلايــا الدم الحمراء شكلا شــبيها بهلال مشوَّه. وفي هذه الدراســة المبدئية أعــاد الباحثون أولا برمجة الخلايــا الجلدية مــن الفئران كي تصبح خلايا iPSCs. وتبع ذلك استعاضتهم عن الجين المسبب للمرض في هذه الخلايا بنســخة أخرى ســليمة، وعملــوا على أن تصبح خلايا iPSCs «التي أُصلحت» خلايا جذعية مكوِّنة للــدم. وبعد إعادة زرعها في الفئران المصابة بفقر الدم، أنتجت الخلايا الطليعية الســليمة خلايا دم حمراء سويّة. وهذه الطريقة يمكن من حيث المبدأ تطبيقها في أي مرض آخر يصيب البشــر إن كانت طفرته الجينية الأساسية معروفة.

والســؤال الكبير الذي يطرح نفسه الآن هــو: كم ســيمر من الزمن قبــل أن يصبح اســتخدام الخلايــا iPSCs متاحا لمعالجة البشــر؟ للأســباب التي ســبقت الإشارة إليها، فإن الســلامة ومراقبة الجودة أمران ضروريان جدا يجب التزامهما قبل اختبار أي خلايا مشــتقة من الخلايــا iPSCs في البشــر. ولا يمكــن للطرائــق الحالية لدفع الخلايا الجذعية الجنينية أو الخلايا iPSCs لتصبح أنماطا خلوية ناضجة كاملة التمايز أن تقضــي بفعالية علــى الخلايا الجذعية العَرَضية غير الناضجــة التي ربما حملت بِذْرَةِ ورم. ويأتي المثال الذي يؤكد لماذا تعدُّ هذه مشــكلة مهمة من تجربة حديثة غُرست فيها عصبونات صانعة للدوپامين مشتقة من الخلايا iPSCs، وهي العصبونات التي تغيب لدى مرضــى داء پاركنســون، في جرذان تعاني نوعا من هذا المرض البشــري. ومع أن الجرذان استفادت بوضوح من الخلايا التي جرى التطعيم بها، فقد أُصيبت بعض هــذه الحيوانات أيضا فــي النهاية بأورام مسخية في الدماغ.

ولكــن في ضــوء التقــدم الســريع في المكتشــفات حتــى الآن، يبدو مــن التفاؤل المعقول تقدير إمــكان التغلب على مثل هذه العقبات في غضون 10 ســنوات فحســب، وحينئــذ يحتمل أن يصبــح موضوع غرس الخلايا المشــتقة من الخلايا iPSCs جاهزا لبدء الاختبارات على البشــر. إلا أنه بوسع الخلايــا iPSCs أن تثبت قيمتهــا العلاجية أسرع من ذلك كثيرا. إن دراسة عدة أمراض مخرّبة للنســج، كالداء السكري من النمط 1 وداء ألزهايمر وداء پاركنســون، ومعالجتها محدودتان بقــدرة العلماء علــى حصولهم على الأنســجة المصابة لدراستها أو إنمائها فــي المزارع مددا طويلة. ولذا يمكن أن تقدم الخلايا iPSCs خدمة جلّى فيما يدعى **نمذجة المرض** disease modeling.

وتستند فكرة هذه النمذجة إلى اشتقاق الخلايــا iPSCs مــن خلايا جلــد المريض المصاب أو دمــــه، ومــن ثــم تحـويلهـا إلــى الأنمـاط الخلويــة المرتبطة بالأمراض المســتهدفــة. وحديثــا قــام كــل مــن <C.N. سڤندسن> [من جامعة ويسكونسن – ماديســون] و<L. ستودر> [من معهد سلون كترينگ] باشتقاق الخلايا iPSCs من خلايا مرضى أصيبوا علــى التوالي باضطرابين مدمّريــن هما: ضمور العضلات الملســاء و**خلــل الوظائف المســتقلة** dysautonomia العائلــي، علــى التوالــي. وحينما نقلت الخلايا iPSCs إلى الأنماط الخلوية المصابة في كل مــن هذين المرضين، أعادت الخلايا المزروعة إظهار الشــذوذات كما شــوهدت تماما في المرضى.

وقد تســمح هــذه الســيرورة للباحثين بدراســة تطور مرض ما فــي طبق پتري مع ميزة امتلاك مخــزون لا نفاد له من الخلايا الجديــدة؛ إذ يمكن المحافظــة على الخلايا

المؤلف



Konrad Hochedlinger

أستاذ مشارك في دراسات الخلية الجذعية والبيولوجيا التجددية بجامعة هارڤرد، وعضو الهيئة التدريسية في معهد الخلايا الجذعية بهارڤرد ومعهد هوارد هيوز الطبي. وفي مختبره بمستشفى ماساتشوستس العام يعمل المؤلف على فهم بيولوجيا الخلايا الجذعية وإعادة البرمجة الخلوية وإمكان استخدامهما في معالجة الأمراض. وهو أيضا مشرف علمي في iPierian، وهي شركة صيدلانية بيولوجية تطور منتجات معتمدة على الخلايا الجذعية.

iPSCs الأصلية زمنا غير محدود. وغاية ما يهدف إليه العلماء الباحثون والشركات الصيدلانية هو استخدام هذه النماذج في طبق بتري لتحسين فهم سيرورة الأمراض وتعرُّف عقاقير جديدة لمعالجتها.

ليس الاستخدام الواعد للخلايا iPSCs ببعيد المنال إطلاقا. ففي الحقيقة، حينما عرّض «سڤندسن» و«ستودر» مزارعهما الخلوية للأدوية التجريبية في كل دراسة خفّت «أعراض» المرض جزئيا في الخلايا. ويمكن الآن تطبيق هذا المبدأ في أمراض عديدة أخرى علاجاتها ليست متاحة حتى الآن، وخلافا لزرع الخلايا في أفراد، قد تكون النتيجة تطوير عقاقير يستفيد منها الملايين من البشر.

تحديات وآمال(*)

مع أنّ الخلايا iPSCs تروغ بوضوح من بعض المجادلات الأخلاقية والقانونية التي تكتنف الخلايا الجنينية، لا تزال كثرة قدراتها بحاجة إلى أن تُفهم وتُضبط على نحو تام. ولهذا تبقى الخلايا الجذعية الجنينية المعيار الأمثل لأي نمط خلوي كثير القدرات.

وتشمل الأسئلة المهمة التي لم تلق أجوبة عنها قضيةً عمليةً محورها: هل بإمكان تحويل خلايا الجسم إلى خلايا iPSCs، وتحويل الخلايا iPSCs إلى أنماط خلوية مناسبة من الوجهة العلاجية، أن يكونا فعّالين إلى درجة تصلح فيها هذه الطريقة للاستخدام على نطاق واسع؟ يُضاف إلى ذلك أن من الأمور التي لم تُحلَّ بعد هو ما إذا كانت الخلايا iPSCs تحتفظ بأي ذكرى للنمط الخلوي للجسم الذي اشتُقّتْ منه، وهو عامل قد يحد من قدرتها على التحول إلى أي نمط خلوي آخر. لقد حصلنا على بعض **التبصر** insight للآليات التي تتحول بها خلية ناضجة إلى خلية كثيرة القدرات، إلاّ أن سيرورة إعادة البرمجة – أي كيف تستطيع بضعة جينات فقط **إعادة تسليك** rewiring برنامج خلية ناضجة بأكمله ليصبح برنامج خلية جنينية – لا تزال أمرا غامضا إلى حد كبير.

ومعالجة أسئلة كهذه تتطلب استمرار استخدام الخلايا الجنينية نقطة ارتكاز مرجعية، وبذا يتقرر هل بإمكان الخلايا الجذعية الجنينية أن تكون أكثر فاعلية في بعض أنماط التطبيقات، وتكون الخلايا iPSCs أكثر فاعلية في أنماط أخرى. وفضلا عن ذلك، لمّا كانت الخلايا iPSCs خلايا كثيرة القدرات حقا، فقد تطرح قضايا أخلاقية شبيهة بما تثيره الخلايا الجنينية من مشكلات؛ لأنه، من الوجهة النظرية على الأقل، يمكن استخدام الخلايا iPSCs لتوليد أجنة بشرية [*انظر المؤطر في الصفحة 18*].

ومع ذلك، يعدُّ التقدم في مجال إعادة البرمجة الخلوية في السنوات الأخيرة من الناحية العلمية مدهشا فعلا. لقد دحضت خطواتُ التقدم في الاستنساخ واكتشاف الخلايا iPSCs حديثا المبدأَ القديم القائل إن هوية الخلايا تتقرر على نحو غير عكوس حالما يتم تمايزها. وعلى أقل تقدير أثارت كل من التقنيتين إمكان إعادة برمجة هوية خلية جسدية مأخوذة من أحد أنماط النسج إلى خلية من أي نمط نسيجي آخر بوساطة دَوْلَبة (التحكم في) بضعة مفاتيح جينية. إن فهم طريقة عمل التوصيلات الجديدة على المستوى الميكانيكي سيُبقي الباحثين متحمسين وسيشغلهم طوال سنوات قادمة.

والزمن وحده كفيل بإظهار هل ستصبح الخلايا iPSCs في الواقع، أو تقانات قريبة منها، نبع الشباب الجديد. وإني شخصيا أعتقد أن هذا سيتحقق. ومن المؤكد أن الخلايا iPSCs ستستمر بتأثيرها في طرائق دراسة أمراض عديدة ومعالجتها، وفيها تكمن القدرة على إطلاق ثورة في الطب في القرن الحادي والعشرين تبلغ في قوتها ما بلغته اللقاحات **والمضادات الحيوية (الصادات)** antibiotics في القرن العشرين. ■

(*) Challenges and Hope

مراجع للاستزادة

Induction of Pluripotent Stem Cells from Mouse Embryonic and Adult Fibroblast Cultures by Defined Factors. Kazutoshi Takahasi and Shinya Yamanaka in *Cell*, Vol. 126, No. 4, pages 663–676. Published online August 10, 2006.

Epigenetic Reprogramming and Induced Pluripotency. Konrad Hochedlinger and Kathrin Plath in *Development*, Vol. 136, No. 4, pages 509–523; February 15, 2009.

Induced Pluripotent Stem Cells and Reprogramming: Seeing the Science through the Hype. Juan Carlos Izpisúa Belmonte, James Ellis, Konrad Hochedlinger and Shinya Yamanaka in *Nature Reviews Genetics*, Vol. 10, No. 12, pages 878–883. Published online October 27, 2009.

Scientific American, May 2010

تصوير اللامرئي فوتوغرافيّا بأربعة أبعاد(*)

*تخيَّلْ فيلما يُظهر العمليّاتِ الحيويةَ داخل خليَّة أو يَعْرض آلة نانويةَ القياس في أثناء عملها. **ميكروسكوپيةٌ**(١) جديدةٌ تجعل مثل هذا التصوير أمرا ممكنا.*

<أحمد زويل>

مفاهيم مفتاحية

- ميكروسكوپية (مجهرية)(١) إلكترونية رباعيةُ الأبعاد تَصنع «أفلاما» من عمليات تَحْدُث، على مستوى نانويِّ القياس، في غضون أزمنة متلاشية القِصَرِ لا تتجاوز الفمتوثوانِ (10^{-15} من الثانية).
- تصوغ هذه التقنيةُ كلَّ صورة من الفيلم من آلاف اللقطات الإفرادية التي تؤخَذ في أوقات محدَّدة متناهية الضَّبط.
- لهذه التقنية تطبيقات واسعة في مجالات عدة، تشمل علمَ المواد والتقانة النانوية والطب.

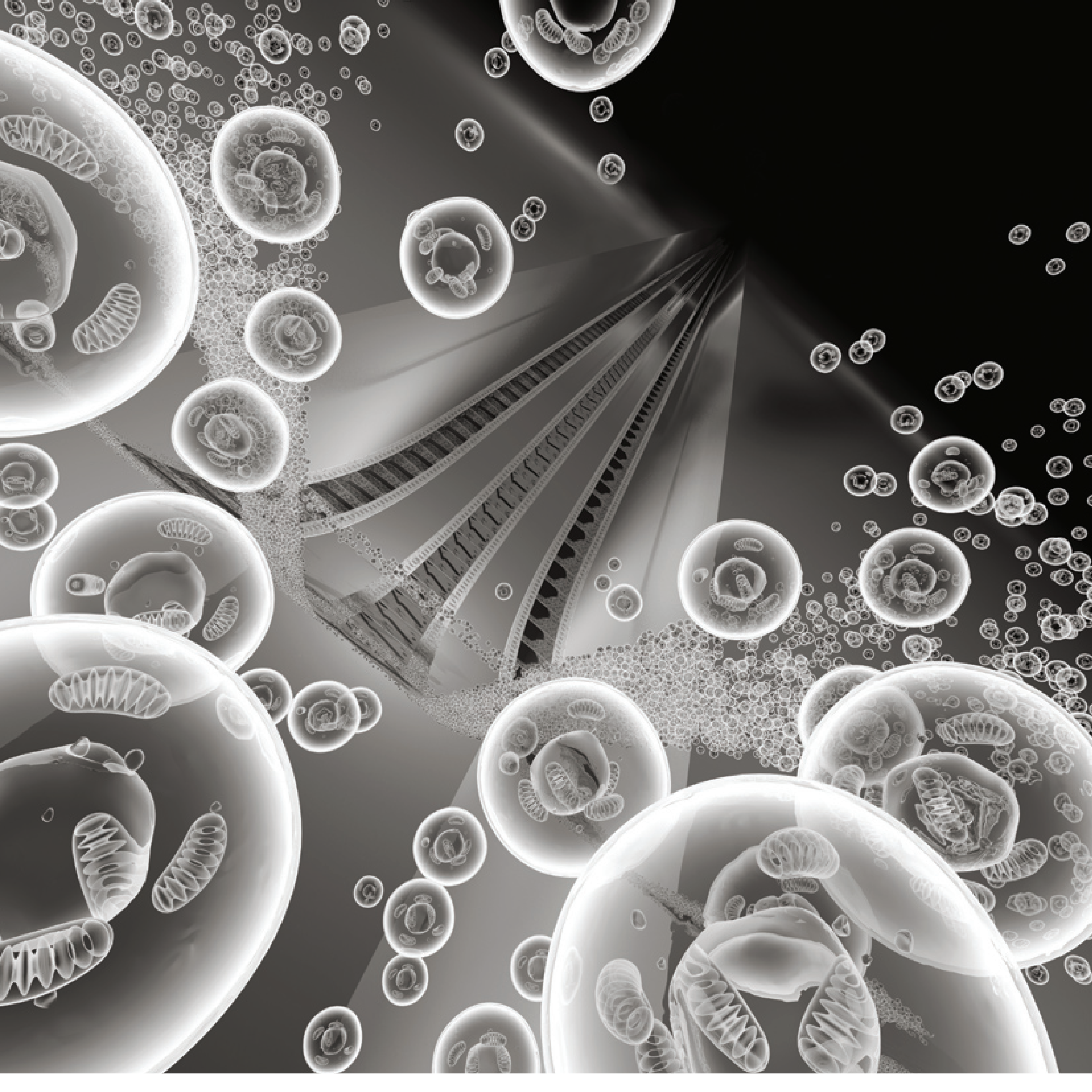
محرِّرو ساينتفيك أمريكان

من خصائص العين البشرية أنها محدودة في درجة إبصارها؛ فنحن لا نستطيع أن نرى أشياءَ أدقَّ بكثير من الشَّعرة (جزء من المليمتر)، أو أن نستبين حركات أسرعَ من طرفة العين (عُشْر من الثانية). ولا شك في أن التطوُّرَ العلميَّ في ميدان البصريّات والأبحاث الميكروسكوپية على مدى الألفية الماضية قد أتاح لنا النفاذَ إلى ما وراء حدود قدرة العين المجرَّدة على الرؤية، لنعاين صُوَرا بديعة حقّا، من مثل **مخطط ميكروي** micrograph لڤيروس، أو **صورة ستروبوسكوپية (مخيالية)** stroboscopic photograph(٢) لطلقة وهي تخترق - بفاصل زمنيّ من رتبة المِلّيثانية - مصباحا كهربائيّا. على أننا لو عُرِضَ علينا، حتى عهد قريب، فيلم يصوِّر ذرّات تتواثب، لما خامَرَنا شك في أننا نعاين مشهدا من الرسوم المتحرِّكة، أو نسجا من خيال فنّان مبدع، أو نوعا من المحاكاة المصطنَعة.

وفي غضون السنوات العشر الماضية، استحدثتُ وفريق البحث الذي يعمل معي في معهد كاليفورنيا للتقانة طريقة جديدة للتصوير تكشف عن حركات تَحْدُث على مستوى الذرّات، وفي غضون أزمنة متناهية القصر لا تتجاوز **الفمتوثانية** femtosecond (هي جزء من مليون بليون، أي 10^{-15}، من الثانية). وإذ تُمَكِّنُ هذه التقنيةُ من التصوير في المكان والزمان في آن معا، وتقوم على استعمال **الميكروسكوپ (المجهر) الإلكتروني** electron microscope، فقد أطلقتُ عليها اسم **الميكروسكوپية الإلكترونية الرُّباعية الأبعاد** four-dimensional (4-D) electron microscopy، واستعملناها لتمثيل ظواهر كاهتزاز **كوابيل**(٣) cantilevers لا يتجاوز عرضُها بَضعَ واحدات من بليون جزء من المتر، وكحركةِ ألواح ذرّات الكربون في الگرافيت وهي تهتزُّ اهتزازَ الطبل لدى «نقرها» بنبضة ليزرية، وكتحوُّلِ المادة من حالة إلى أخرى. وقمنا أيضا بتصوير پروتينات وخلايا فردية مستقلة.

إن مبحث الميكروسكوپية الإلكترونية الرباعية الأبعاد يحمل تباشيرَ تؤْذِن بالإجابة عن تساؤلات في ميادين علمية تقع بين علم المواد وعلم الأحياء: فما السبيل إلى

(*) FILMING THE INVISIBLE IN 4-D
(١) تقنية تصوير ميكروسكوپي (مجهري) microscopy.
(٢) صورة فوتوغرافية تُلتقط لشيء دوّار أو مهتزّ، بمنظار خاص يسمى **ستروبوسكوپ (مخيال)** stroboscope، يُصْدِر ومضات ضوئية متذبذبة تتيح رؤية متقطعة للشيء المتحرك يبدو معها وكأنه ساكن.
(٣) جمع كابول: عتبة أو رافدة مثبتة تثبيتا محكما من أحد طرفيها، ومعلّقة تعليقا حرّا من الطرف الآخر. (التحرير)



فهم سلوك المواد من بدايته إلى نهايته، من المستوى الذرِّي الدقيق إلى المستوى الماكروسكوپي (العياني) المنظور؛ وكيف تعمل الآلاتُ على المستوى النانوي (NEMS) أو الميكروي (الصِّغري) (MEMS)؛ وكيف تتضامُّ البروتيناتُ أو مجموعاتُ الجزيئات البيولوجية لتنتظم في بنى أكبر، وهي عملية جوهرية في سياق عمل جميع الخلايا الحيَّة. وبإمكان الميكروسكوپية الرباعية الأبعاد كذلك أن تُظهِر المنظوماتِ الذرِّيَّةَ للبنى النانوية (التي تحدِّد خصائصَ المواد النانوية الجديدة)، وربما تقتفي حركةَ الإلكترونات الطوّافة ضمن الذرّات والجزيئات على المقياس الزمني من رتبة **آتوثانية** attoseconds (جزء من بليون

بليـون، أي 10^{-18}، من الثانيـة). وإلى جانب التقدُّم الكبير الحاصل في العلوم الأساسية، فإن التطبيقات الممكنة واسعة ومتعدِّدة، ومن ضمنها تصميمُ آلات نانوية واستنباط أنواع جديدة من الأدوية.

قطط وذرّات في حالة حركة(*)

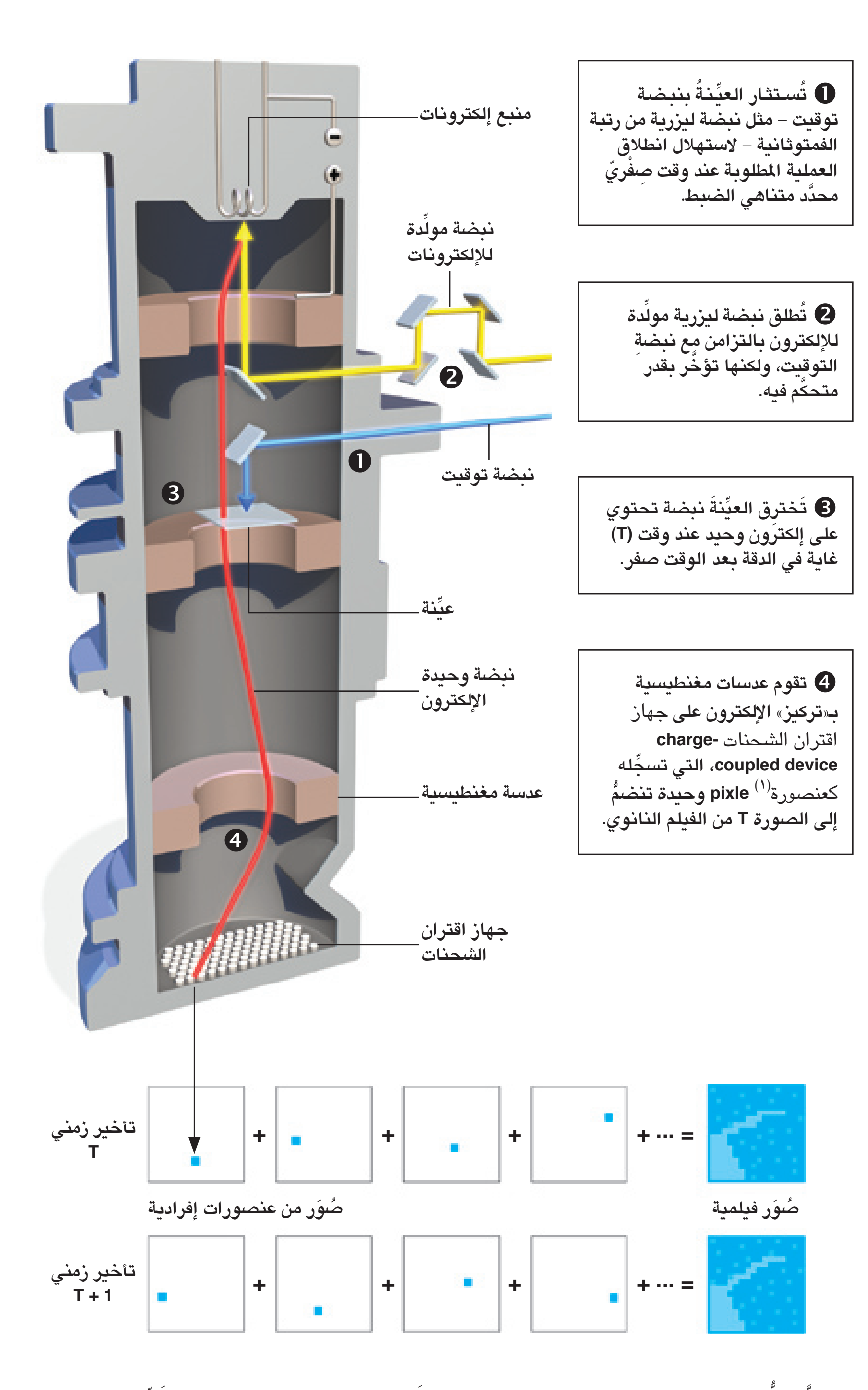
مع أن الميكروسكوپية الرباعيةَ الأبعاد هي من أحدث التقنيات التي تعتمد على ليزرات معقَّدة ومفاهيم متقدِّمة في مجال الفيزياء الكمومية، فإن كثيرا من مبادئها يمكن فهمه عن طريق تمثُّل الأسلوب الذي اتَّبعه العلماءُ في تطوير تقنية **التصوير الفوتوغرافي بإيقاف الحركة** stop-motion photography منذ أكثر من قرن مضى. وهنا يُذكَر على وجه الخصوص البحث الذي قدَّمه J-É> ماريه> [الأستاذ في كلية فرنسا Collège de France] في عقد التسعينات من القرن التاسع عشر، عندما درسَ الحركات السريعةَ باستعمال قرص دوّار ذي شقوق طوليَّة وَضَعَه بين الشيء المتحرك واللوحة الفوتوغرافية أو الشريط الفوتوغرافي، فتولَّد من ذلك سلسلة من مقاطع التعرُّض للضوء تشبه ما يجري في تصوير الأفلام السينمائية الحديثة.

ومن بين الدراسات الأخرى ما قام به <ماريه> من استقصاء لما يحدث لقطة تسقط من عل، وكيف أنها تعتدل في أثناء سقوطها من تلقاء نفسها، بحيث تهبط على أطرافها. أنّى للقطة أن تؤدِّي – بالغريزة – هذه الحركةَ البهلوانيةَ البارعة وليس لديها ما تعتمد عليه سوى الهواء، من دون إخلال بقوانين نيوتن في الحركة؟ إن عملية السقوط واضطراب القوائم لم تستغرق إلا أقلَّ من ثانية واحدة – أي أسرع بكثير من أن تتمكَّن العينُ المجرَّدةُ من استبانة ما حصل بالضبط. ولكنَّ الصُّوَر

[آلية العمل]

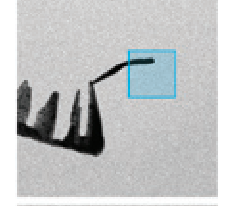
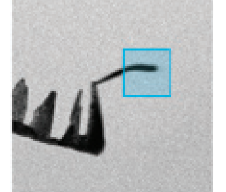
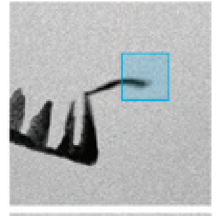
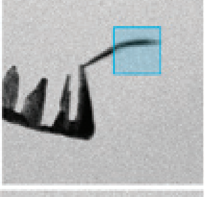
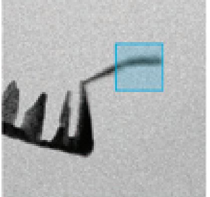
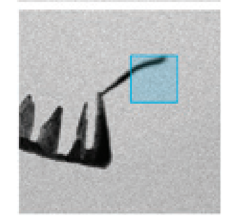
الميكروسكوپ الإلكتروني الرباعي الأبعاد(**)

يسجِّل الميكروسكوپ الإلكترونيُّ النموذجيُّ صُوَرا ساكنة لعيِّنة نانوسكوپية القياس، وذلك بإطلاق حزمة إلكترونات خلالَ العيِّنة وتركيزها على مكشاف. وباستعمال نبضات وحيدة الإلكترون، يولد الميكروسكوپ الإلكترونيُّ الرباعيُّ الأبعاد صُوَرا فيلمية تمثِّل مراحلَ زمنية لا تتجاوز في قِصَرها الفمتوثوانِ (10^{-15} من الثانية).



▲ تركَّب كلُّ صورة من الفيلم النانوي بتكرار هذه العملية آلافَ المرات بالتأخير الزمني نفسه، ثم ضَمِّ جميع العنصورات من اللقطات الإفرادية. وقد يَستعمِل الباحثون الميكروسكوپ أيضا بكيفيات أخرى، كاستعمال نبضة واحِدة بإلكترونات عديدة لكل صورة، وذلك تبعا لنوع الفيلم المراد الحصول عليه. على أن طريقة الإلكترون الوحيد تولد أدقَّ مَيْز حَيِّزيّ على الإطلاق، وتتلقَّف أقصرَ المساحات الزمنية في كل صورة.

(*) Cats and Atoms in Motion
(**) The Four-Dimensional Electron Microscope
(١) عنصورة pixle: نحت من عنصر – صورة. (التحرير)

▲ كابول بعرض 50 نانومترا، مصنوع من أُشابة (خليط) alloy من النيكل والتيتانيوم، يهتزُّ عقب استثارته بنبضة ليزرية. والمربعات الزرقاء تُبْرِز الحركة. ويُطلق الفيلمُ الكامل (المتاح على الموقع: ScientificAmerican.com/aug2010/nanomovies) صورة واحدة كلَّ 10 نانوثوان. وقد يكون للخصائص الفيزيائية المستخلصة من هذه الاهتزازات تأثير في تصميم الأجهزة النانوميكانيكية.

الفوتوغرافيةَ الخاطفة التي التقطها ‹ماريه› بطريقة إيقـاف الحركة أعطت الجواب: ذلك أن القطــة في حالة الســقوط تلوي مقدَّمَها ومؤخَّرَها باتجاهَيْن متعاكسَــيْـن، مع بسطِ قوائمهــا وقبضها. وقــد أدرك الغوّاصون والراقصــون وروّادُ الفضـــاء هذه الحركة، فهــم يتدرَّبون علــى أداء حــركات مماثلة تساعدهم على الدوران.

واعتمــد نهــج آخــر فــي التصويــر الستروبوســكوبي علــى إطــلاق ومضات ضوئية ســريعة لالتقاط أحداث تقع ضمن مســاحات زمنية أقصر بكثيــر مما تتيحه المغاليــقُ الميكانيكيــةُ لآلات التصويــر. فالومضـــات تجعل الشـــيء المتحــرِّكَ في الظلام مرئيّا لحظيّا للطرف الكاشف، كعين الراصد أو اللوحة الفوتوغرافية. وفي أواسط القرن العشــرين كان لــ‹H. إدگرتون› [من المعهد MIT(1)] إســهام كبير في تقدُّم تقنية التصوير الفوتوغرافي الستروبوســكوبي، وذلك بتطوير أجهــزة إلكترونية قادرة على توليد ومضــات ضوئية موثوقــة ومتكرِّرة بفواصل زمنية من رتبة الميكروثانية.

وتجربةُ القطة الســاقطة تتطلَّب أن تتاح للمغاليــق أو للومضات الستروبوســكوبية أزمنة قصيرة تمكِّن الصُّــوَرَ الفوتوغرافية من إظهار الحيوان بوضوح على الرغم من حركته. ولنفترض أن القطة قد اعتدلت بعد نصف ثانية مــن إطلاقها؛ ففي تلك اللحظة تكون فــي حالة ســقوط بســرعة 5 أمتار في الثانية. ومن ثمَّ لو اســتعملنا ومضات بفواصــل زمنية مقدارهـــا 1 ملّيثانية، لكُنّا مطمئنِّــين إلى أن ســقوط القطة لن يتجاوز مسافةَ 5 ملّيمترات في غضون كلّ تعريض زمني، بحيث لا يتشوَّش جلاءُ صورة القطة إلا شيئا يسيرا بسبب حركتها. ولتقسيم هذه الحركات البهلوانية إلى 10 لقطات خاطفة، يتعيَّن التقاطُ الصُّوَر كلَّ 50 مليثانية.

وإذا ذهبنــا نرصــد ســلوكَ جزيء من المــادة بدلا من ســلوك قطة، فكــم يجب أن تكون ســرعةُ ومضاتنا الستروبوسكوبية يا تُرى؟ إن كثيرا من تبدلات البنية الجزيئية أو النسيج المادّي يقتضي تحرُّكَ الذرّات لبضعة **أنگســترومات** angstroms (1 أنگستروم = 10^{-10} متر). ورســمُ مثل هذه الحركة يتطلب درجةَ **مَيْز مكاني** spatial resolution أقل من أنگســتروم واحد. ولما كانت الذرّاتُ تتحرَّك في الغالب بسرعات تقارب كيلومترا واحدا فــي الثانية في حــالات التبدُّل هــذه، فإن رصدها يحتاج إلى ومضات ستروبوسكوبية لا يزيــد أَمَدُها على 10 فمتوثانية، مع درجة **وضوح** definition أعلى من 0.1 أنگستروم. وقد اســتعمل الباحثون، منذ زمن يعود إلى ثمانينات القرن الماضي، نبضات ليزرية من رتبة الفمتوثانية لتوقيت العمليات الكيميائية التي تتضمَّــن ذرّات تتحرَّك، ولكن من دون تصوير مواضع الــذرّات في الفضاء، علما بأن الطولَ الموجيَّ للضوء أكبرُ مئاتِ المرات من المســافات بين الذرّات في الجزيئات أو المــواد [انظــر: «*ولادة الجزيئـــات*»، **العلوم**، العدد 9 (1992)، ص 60].

وتولِّد **الإلكتروناتُ المسرَّعةُ** accelerated electrons صُــوَرا ذرِّيةَ المســتوى – كما في الميكروســكوبات الإلكترونيــة – ولكن ذلك يقتصر على الحالة التي تكون فيها الأهدافُ ثابتة في مواضعها ومصوَّرة بفواصل زمنية من رتبة الملّيثانية أو أطول، تبعا لســرعة آلة التصوير. ومن ثــمَّ، فإن الأفلام الذرِّية التي سعينا إليها اســتلزمت درجةَ المَيْز المكاني لميكروســكوب إلكترونــي، ولكــن بنبضات إلكترونية من رتبة الفمتوثانية، بغية «إضاءة» الأهداف. تُدعى جيوبُ الإلكتروناتِ المضيئةُ **نبضات السَّبْر** probe pulses.

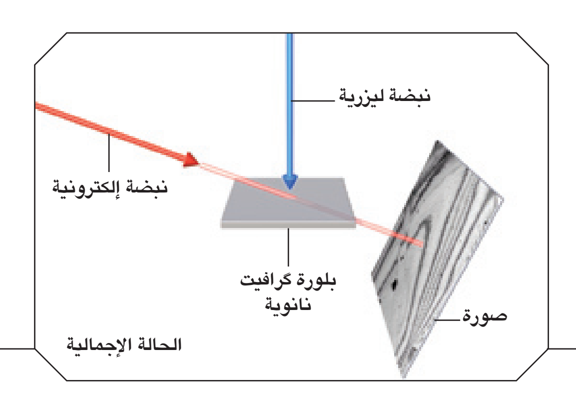
وثمــة مســألة أخــرى تتَّصــل بتوقيت الحركــة – أي تحــديــد لحظــة بدئهــا؛ إذ لا يمكننــا الحصولُ على صُوَر صالحة ذاتَ قيمــة إذا جرى التقاطُ نبضات السَّــبْر قبلَ بــدء الحركة أو بعد انتهائهــا. ففي تصوير

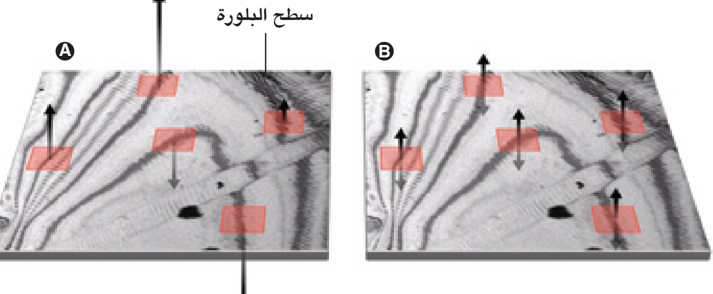
(1) the Massachusetts Institute of Technology

[دراسة حالة]

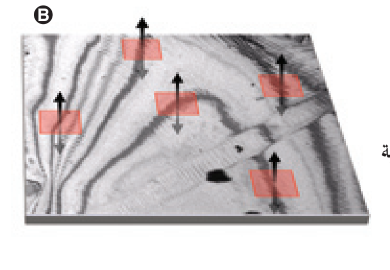
حجر رشيد[1] نانوسكوپي[*]

أظهرت ميكروسكوپية رباعيةُ الأبعاد، لبلورات نانوية من الكرافيت لا يتجاوز سُمكُ بعضها بضعَ طبقات ذرّية، ثلاثَ طرائقٍ مختلفة للتصوير، وأعطت بيانات عن المادة بـ«لغات» عدَّة. واستقصت الأبحاثُ كيف استجابت البلوراتُ النانويةُ لدى اختراق نبضة ليزرية لها من الأعلى.

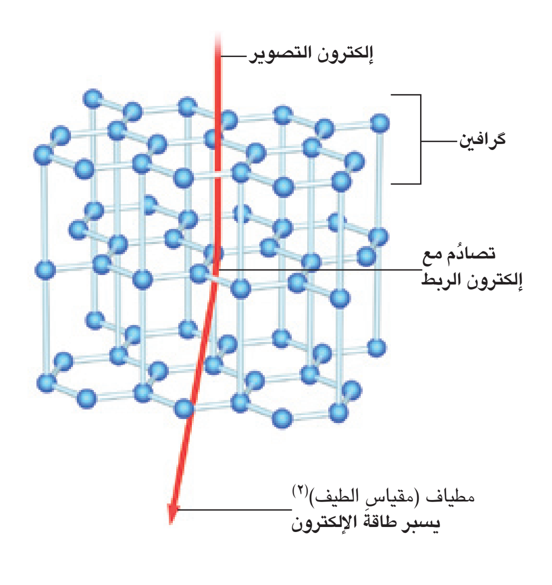




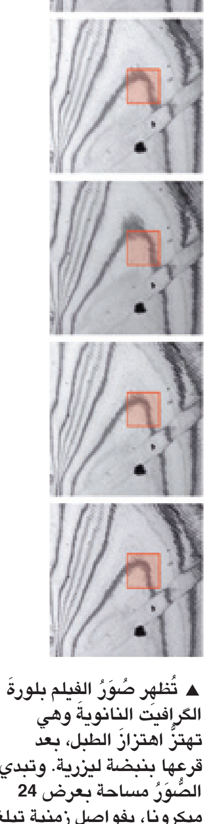
❶ أظهرت الأشكالُ الانعراجيةُ حركةَ كلٍ من الطبقات الذرّية للبلورة عند دفعها معا ثم ارتدادها في غضون البيكوثواني التي تلت اصطدام الليزر في الوقت صفر، وتذبذُبها بعد ذلك نحو الأعلى والأسفل لمئات البيكوثوانٍ.



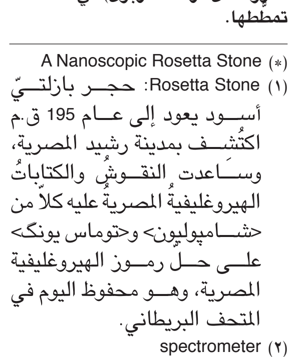
❷ رَصَدت صُوَرُ البلورة النانوية هذه الذبذبات وهي تظهر في مواضع عدة. وعلى مدى عشرات الميكروثوان تحوَّلت حركةُ البلورة - التي كانت في البداية حركة عشوائية مضطربة A (أشيرَ إليها هنا بسهام) - إلى حركة إيقاعية متناسقة لكامل البلورة B.



❸ أشارت قياساتُ الطاقة المفقودة بفعل تصادُم إلكترونات التصوير وإلكترونات الكرافيت كيف أصبحت روابطُ الكربون في المادة أشبه بروابط الألماس في أثناء انضغاط الطبقات، وأشبه بروابط الكرافين (وهي طبقة معزولة من ذرّات الكربون) في أثناء تمططها.



▲ تُظهر صُوَرُ الفيلم بلورةَ الكرافيت النانوية وهي تهتزّ اهتزازَ الطبل، بعد قرعها بنبضة ليزرية. وتبدي الصُوَرُ مساحة بعرض 24 ميكرونا، بفواصل زمنية تبلغ 250 نانوثانية (أي عند كل خامس صورة من الفيلم). ويُشار إلى أن الالتواء الدقيق الدائم للسطح الكرافيتي يولد الخطوطَ الشريطية الدكناء، التي تتحرك لدى تموُّج السطح. وقد أضيفت مربَّعات حمراء لإرشاد العين. يمكن الاطلاع على الفيلم كاملا في الموقع: ScientificAmerican.com/aug2010/nanomovies



(*) A Nanoscopic Rosetta Stone

(1) Rosetta Stone: حجر بازلتيّ أسود يعود إلى عام 195 ق.م اكتُشف بمدينة رشيد المصرية، وساعدت النقوشُ والكتاباتُ الهيروغليفيةُ المصرية عليه كلاًّ من <شامپليون> و<توماس يونگ> على حل رموز الهيروغليفية المصرية، وهو محفوظ اليوم في المتحف البريطاني.

(2) spectrometer

القطة، يبدأ التسجيلُ لحظةَ تحريرها. وفي حالات **التسجيل الفائق السرعة** ultrafast recording، تتولى نبضة استهلالية من رتبة الفمتوثانية (تسمّى **نبضة التوقيت** clocking pulse) إطلاقَ المادة أو العملية المراد دراستُها.

على أن مسألة **التزامن** synchronization تبقى ماثلة حتى مع التحكم في عمليَّتَي السَّبْر والتوقيت. وهنا ينتفي وجهُ التشابه بين التجربة الفائقة السرعة النموذجية وتجربة القطة. وقد كان بإمكان «ماريه» إتمام تجربته بإسقاط قطة واحدة مرة واحدة، فيما لو سارت الأمورُ وفق الخطة المرسومة؛ فلا ضَيْرَ في أن تبدأ سلسلةُ التعريض الزمني بعد 5 أو 10 أو 17 ملّيثانية مثلا من إطلاق الهرَّة. ومع ذلك، فقد تتمكن الميكروسكوپية الفائقةُ السرعة من سَبْر ملايين الذرّات أو الجزيئات لكلِّ نبضة توقيت، أو ربما تُراكم صُوَرا بتكرار التجربة آلافَ المرات. تصوَّرْ لو أن «ماريه» اقتصرَ على التقاط شريط عموديّ ضيِّق وحيد من حقل الرؤية مع كل عملية سقوط للهرّة، لترتَّبَ عليه - كي يبني السلسلةَ الكاملةَ من اللقطات الخاطفة لحادثة السقوط - تكرارُ التجربة مرات ومرات، والتسجيلُ على امتداد شريط عموديّ مختلف قليلا في كل مرة. ولكي تجتمع الشرائطُ المختلفةُ على نحو منطقي وتؤلِّف صورة تامة ذات معنى، كان «ماريه» بحاجة إلى تهيئة القطة لاتخاذ وضع البدء ذاته عند كل سقوط، ثم إجراء مواءمة تزامنية دقيقة بين تحرير القطة وفتح المغاليق بالطريقة نفسها في كل مرة. (قد تتوقف هذه التقنيةُ على حركة القطة بأسلوب واحد مطَّرد كلَّ مرة. ويساورني شكٌّ في أن تكون الجزيئاتُ أكثرَ وثوقية من القطط في هذا المساق.)

ولا بدَّ من أن تكون أوضاعُ البدء بالغةَ الدقَّة بالنسبة إلى حجم القطة، كما يجب أن تكون المواءمةُ التزامنيةُ دقيقة، وأقصرَ من الزمن اللازم للمغاليق. وبالمقابل، في حالة التصوير الفائق السرعة للذرّات والجزيئات، يجب تحديد شكل الإطلاق بدرجة مَيْز تصل دقَّتُها إلى ما دون الأنگستروم، وكذلك يتعيَّن أن يكون الضبطُ النسبيُّ للتوقيت ونبضات السبر بالغَ الدقة من رتبة الفمتوثانية. ويتحقَّق ضبطُ نبضاتِ السبر بالنسبة إلى التوقيت عن طريق إطلاق أيٍّ من هذه النبضات على مسار يكون طولُه قابلا للتعديل. ففي حالة نبضة تنتقل بسرعة الضوء، يكون ضبطُ طول المسار إلى درجة ميكرون واحد من الدقة مقابلا لضبط التوقيت النسبي إلى درجة 3.3 فمتوثانية من الدقة.

وكان علينا أن نذلل صعوبة أخرى كبيرة وأساسية قبل أن نتمكَّن من صنع أفلام بالإلكترونات. فالإلكترونات، خلافا للفوتونات، جسيمات مشحونة ومتنافرة، إذا حُشِدَ عدد كبير منها في نبضة كان من شأن ذلك أن يُفسِدَ المَيْزَيْن: الزماني والمكاني، لأن تنافُرَ الإلكترونات يفتِّت النبضة. وفي ثمانينات القرن العشرين تمكَّنَ <O. بوستانجوگلو> [من جامعة برلين التقنية] فعلا من استنباط صُوَر باستعمال نبضات تحمل عددا من الإلكترونات لا يتجاوز الـ100 مليون، ولكنَّ المَيْز لم يكن أدقَّ من درجة نانوثوان و**ميكرونات** microns (ولكنه حقَّقَ فيما بعدُ تحسُّنا ملحوظا ليبلغ مستوى ما دون الميكرون، وذلك على أيدي باحثين من مختبر لورانس ليڤرمور الوطني).

وقد انبريتُ وأعضاء فريقي من الباحثين للتعامل مع هذه الصعوبة عن طريق تطوير تقنية **التصوير بإلكترون وحيد** single-electron imaging، تأسيسا على أعمال أنجزناها سابقا تتعلَّق بانعراج الإلكترونات الفائقة السرعة؛ إذ تحتوي كل نبضة سَبْر على إلكترون وحيد، ومن ثَمَّ فهي توفِّر «بقعة ضوء دقيقة» واحدة لا غير في الفيلم النهائي. ومن ثَمَّ تجتمع البقعُ الضوئيةُ لتؤلِّف صورة للشيء ذات معنى، وذلك بفضل التوقيت الدقيق لكل نبضة، وبفضل خاصية أخرى

بإدماجنا البُعدَ الرابعَ، نحوِّل الصُّوَرَ الساكنةَ إلى أفلام نحتاج إليها في رصد سلوك المادة - من الذرّات إلى الخلايا - وهي تتكشَّف لنا بمرور الزمن.

أثمرت هذه التقنيةُ صُوَرا لأغشية خلايا بكتيرية وحويصلات[١] پروتينية بدرجة مَيْز من رتبة الفمتوثانية والنانومتر.

تُعرَف بتماسُك النبضة. وهناك إنجاز باهر مشابه يُعرَض أحيانا باعتباره من الغرائب المميِّزة لميكانيك الكم: إذ تنتقل الإلكتروناتُ عبر شِقَّيْن، بمرور إلكترون واحد في كل مرة، وتنشأ عن ذلك بقعة دقيقة في موضع غير محدَّد على **شاشة كشف** detection screen. ومن ثم تجتمع البقعُ كلُّها لتؤلِّف أشكالا نمطيَّة من الضوء والعتمة، تتميَّز بها الموجاتُ المتداخلة.

وكان التصويرُ بإلكترون وحيد يمثِّل أساسَ **الميكروسكوپية الإلكترونية الفائقة السرعة** (UEM)[٢] والرباعية الأبعاد (4-D)؛ فقد بات بإمكاننا صنعُ أفلام من جزيئات وموادَّ، استجابة لأحوال مختلفة، كاستجابة القطط المذعورة بتلوِّيها في الهواء.

حلُّ غوامض المادة النانوية(*)

وكان من الأهداف الأولى لمسعانا الگرافيت، وهو المادة «الرصاصية» الموجودة في أقلام الرصاص المتعارَفة. وقد وقعَ اختيارُنا على **الگرافيت** graphite لأنه مادة غيرُ اعتيادية، وله تطبيقات في بيئات قاسية **كلُبوب**[٣] المفاعلات النووية، وكذلك لأن له صنوانا تُماثِله في تميُّزها. إن الگرافيت يتألف من ذرّات كربون تَنْتَظِم في شكل سداسيّ من صفائح تحاكي الشبكَ السلكي المستعمَل في صنع الأقفاص والأسوجة. وتتماسك الصفائحُ متكدّسة بواسطة روابط ضعيفة نسبيّا. وتعتمد الكتابةُ بقلم الرصاص المعروف على انفصال قطع من الگرافيت وانتقالها إلى الورق، بحيث يشتمل ما يخطُّه القلمُ على مقادير ضئيلة جدّا من أقسى مادة عرفَها العلم وهي **الگرافين** graphene، الذي يتألف من صفائح إفرادية معزولة من ذرّات الكربون. ويعكف الباحثون على دراسة مادة الگرافين بهمَّة ونشاط، لِما لها من تطبيقات مختلفة في مجال الإلكترونيات. يضافُ إلى ذلك، أن الگرافيت اللَّيِّن إذا ما أُخضِع لضغط شديد، انتظمت ذرّاتُه من جديد لتكوِّن الألماس، وهو من أشد الموادِّ المعروفة صلابة على الإطلاق.

ولدراسة استجابة الگرافيت للصدمات الميكانيكية، أخذنا بلورات نانوية من المادة – بعضُها لا يتعدّى سُمكُه النانومترات، أو بضع صفائح من الذرّات – وطرقناها بنبضات ليزرية مركَّزة من رتبة الفمتوثانية، أدَّت عملَ نبضاتِ التوقيت للميكروسكوپ الإلكتروني الذي استعملناه. ولوحظ أن كلَّ نبضة ليزرية قد دَفَعَت طبقاتِ الذرّات الگرافيتية – لحظيّا – لتصبح متراصّة بعضها إلى بعض، مُحدِثة فيها تذبذُبا نحو الأعلى والأسفل [*انظر الإطار في الصفحة 26*]. وأَرسَل ميكروسكوپنا إلكتروناته خلال هذه الطبقات الگرافيتية المتذبذبةَ ليولِّد نوعَيْن من الصُّوَر: **صورة بالحيِّز الحقيقي** real-space image (تشبه كثيرا صورة فوتوغرافية للسطح الگرافيتي)، أو شكلا انعراجيّا يمثِّل مصفوفة منتظمة من النقط تعطي تشكيلتُها الدقيقةُ معلومات عن ترتيب الذرّات وفواصلها في الشبكية الگرافيتية. وقد تمكَّنّا، بوجه خاص، من تتبُّع الطبقات المتذبذبة نحو الأعلى والأسفل عن طريق حركات النقط في الشكل الانعراجي، ووجدنا أن تردُّدات الذبذبات كانت تقع ما بين 10 و100 گيگاهرتز (أي 10^{10} - 10^{11} دورة في الثانية)، علما بأنه لم يسبق أن رَصَدَت تجربةُ تصوير سابقة ترجيعات عاليةَ التردُّد كهذه، تتكشَّف مع الزمن.

واستنادا إلى القياسات التي أجريناها حدَّدنا درجةَ مرونة الگرافيت العمودي على سطوح الذرّات – أي آليةَ استجابة المادة للقوى الضاغطة أو الماطَّة في ذلك الاتجاه. تصوَّرْ أنَّ بلورةَ الگرافيت ركام من الألواح

(*) Deciphering Nanomatter أو: استكناه المادة النانوية.
(١) vesicles أو كيسات.
(٢) ultrafast electron microscopy
(٣) جمع لبّ.
(التحرير)

المعدنيــة الصُّلبة المترابطــة بنوابض، وأنّ النبضــةَ الليزريةَ مطرقــة ضخمة تضرب اللــوحَ الأعلــى. وقــد قمنا أيضــا بقياس خصائص النوابض.

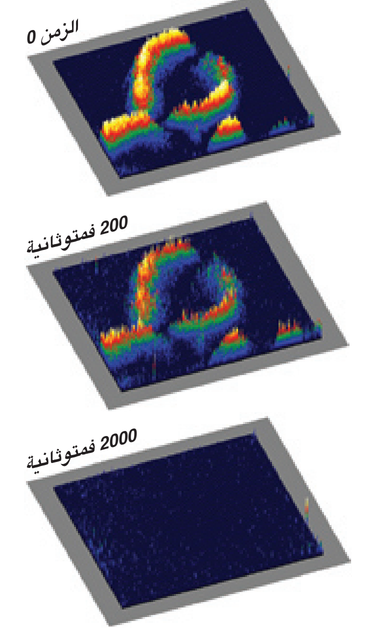
إن القيــاس على اللــوح المعدني قياس منطقيّ ما دامت «آلــةُ التصوير» مضبوطة على وضعيــة القُرب (التكبيــر)؛ فإذا هي «ابتعــدت» (مجازا) بدت بلّــورةُ الگرافيت الدقيقة بدرجــة أوضح، وباتت المطرقةُ الآن تضرب ناحية واحدة من ســطح الصفيحة المعدنيــة، وصــار واضحــا أن الصفائح تتعــرَّض للانثناء. ويلاحَــظ أن الانضغاط والتمطّط ينتشران اعتبارا من نقطة الصدم على شكل موجات.

وإذا ابتعدنــا بآلة التصويــر أكثر فأكثر والتقطنــا الصُّوَر على نحو أبطــأ، ظهرَ لنا نوع آخر مــن الحركة، فنعاين الآن كيف أنَّ النبضةَ الليزريةَ تحمل كاملَ البلورة النانوية الدقة على التذبذب (الاهتزاز)، كالطَبل يُنقَر بالمقرعــة. وقــد لاحظنا أن حركــة البلورة، في غضون الميكروثــوانٍ القليلة الأولى التي تلــت نَقْرَ النبضة الليزريّــة، كانت مضطربة ومشوَّشــة، ولكن البلّورة استقرَّت مع مرور الوقت منتظمة في ذبذبة ترجيعية إيقاعية.

وتكمــن الخاصِّيةُ الماديةُ المســؤولةُ عن إطلاق تــردُّد الترجيــع (الطنــين) في هذه الذبذبات، في مرونة سطوح الگرافيت - أي في مدى اســتجابتها للتمطط أو الانضغاط في السطح المستوي. وتبيَّنَ لنا أن الگرافيت أكثرُ مقاومة لتغيير شــكله في سطوح ذرّات الكربون، منه مقاومة لفصــل (مباعدة) تلك الســطوح أو دمجهــا (مقاربتهــا). ويمكن تفسيرُ النتائج باعتبار أن الروابطَ الكيميائيةَ التي تصل ما بين ذرّات الكربون في كل طبقة سداسية أمتن بكثير من الروابط التي تصل السطوحَ المتجاورةَ بعضَها ببعض.

ومــع أن الدراســات التي تُجــرى على عيِّنات كبيرة من الگرافيت تفضي إلى بيانات مشابهة فيما يتَّصل بمرونته، فإن المعلومات التــي حصلنا عليهــا تدلنا علــى أكثر من ذلك بكثير؛ إنها تثير نوعين من التســاؤلات المهمة، التي هي الأســاس لإدراكنا ســلوك المادة على المســتوى النانوي: فأولا، عند أيِّ مســتوى للطول يتعطَّل توصيــفُ مادة فيما يتعلَّق بخصائص لهــا كالمرونة؟ وثانيا، هل نســتطيع أن نستقرئ من اســتجابة عاملَي الطــول والزمن عنــد المســتويات الذرِّية ما نعيد بــه توليدَ الخصائص الميكروســكوبية المعروفة لمادة ما؟ أما فيما يتَّصل بالگرافيت، فقــد وجدنا أن عيِّنات منــه، حتى وإن كانت نانوســكوبية الدقة (لا يتجاوز سُمكُها بضعَ عشــرات من الطبقات الذرِّية)، تستجيب - وهذا مدهش - بطريقة مماثلة للمادة الكبيرة الحجم. فهل يصحُّ هــذا التوصيفُ بالقرب من حدِّ الگرافين؟

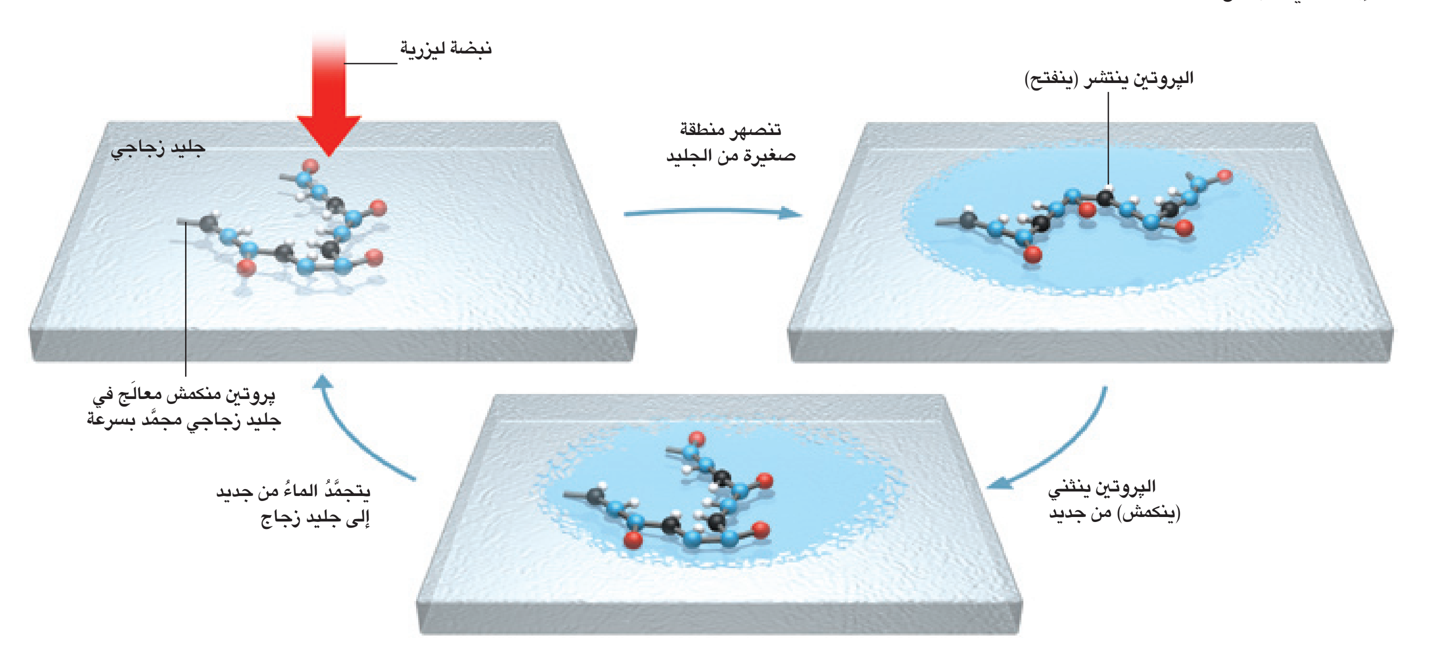
هذا وقد اعتمدت أفــلامُ الگرافيت التي ذكرتُهــا حتــى الآن جميعُها علــى تصادُم إلكترونات السَّــبْر والعيِّنة التي لا تَفقد فيها الإلكتروناتُ شــيئا من الطاقة - بما يشــبه كــرات مطاطية ترتدُّ من على ســطح صُلب. ومع ذلك، فقد يفقد إلكترونُ السبر شيئا من الطاقة عن طريق اســتثارة إلكترون في ذرّة كربون. وتتوقف كميــةُ الطاقة المفقودة على نوع الرابطة التي يدخل فيها إلكترونُ الذرَّة. وبالإمكان قياسُ هــذه المفقودات من الطاقة باســتعمال تقنية تقليدية قديمــة جدّا تدعى **طيفيّــات فقدان طاقة الإلكترونات** electron energy loss spectroscopy، إذ توفِّــر أطيافُ الطاقــة المتحصِّلــةُ معلومات عــن **الترابط** bonding في مادة مــا والعناصر الكيميائية التي تؤلِّفها. وباســتعمال هــذه الطريقة مع الميكروســكوب الإلكتروني الفائق السرعة، أظهرنــا أن الترابــط ضمــن الگرافيت قد انزاح في طور الانضغاط باتجاه نوع الرابط المميِّز للألماس، في حين انزاح ترابطُ الذرّات الســطحية في طور التمطّــط باتجاه الرابط المميِّــز للگرافين. ويجدر القــول إن طيفيّات فقدان طاقــة الإلكترونــات التقليدية طريقة



▲ جرى تصوير بكتيرة الإشريكية القولونية ***Escherichia coli*** في سياق ميكروسكوبية إلكترونية مستحَثّة بالفوتون وذات حقل كهرمغنطيسيّ قريب. ولَّدت نبضة ليزرية من رتبة الفمتوثانية حقلا كهرمغنطيسيًا متلاشيا في غشاء الخلية عند الزمن صفر. بالاقتصار على جمع إلكترونات التصوير التي اكتَسَبت طاقة من هذا الحقل، تعطي هذه التقنيةُ مَيْزا حيِّزيّا شديدَ التباين للغشاء (*الصورة العليا*). والرسم الكفافي بالألوان الزائفة يمثِّل الشدَّةَ المسجَّلة. وبإمكان هذه الطريقة تلقُّف الوقائع التي تحدث على مقاييس زمنية قصيرة جدّا، كما يدلُّ التَّلف الملحوظ في الحقل بعد مرور 200 فمتوثانية (*الصورة الوسطى*). يتلاشى المجالُ بعد 2000 فمتوثانية (*الصورة السفلى*).

رصد آلية انضباط الساعة البيولوجية(*)

يزمع الباحثون إجراءَ ميكروسكوبية رباعية الأبعاد لرصد العمليات الحيوية من مثل انثناء البروتينات، وذلك باستعمال تقنية تدعى التصوير القَرِّي cryoimaging. وسيُستعمَل جليد زجاجي (غير بلوري) لاحتواء عيِّنة البروتين. وفي مقابل كل لقطة من الفيلم تَصْهَر نبضة ليزرية الجليدَ المحيطَ بالعيِّنة، مسبِّبة انفتاح (انتشار) البروتين في الماء الدافئ. وسيسجِّل الفيلمُ عملية انثناء (انكماش) البروتين من جديد قبل تبرُّد الماء وانجماده ثانية. ويمكن تثبيت البروتين بالطبقة التحتية لإبقائه في الموضع نفسه عند كل لقطة.



بطيئة جدّا في رصد هذه التغيُّرات.

من الكوابيل إلى الخلايا(**)

أتمَّ فريقُنا البحثيُّ ميكروسكوبية رباعيةَ الأبعاد على عدد من المواد إضافة إلى الگرافيت. فعلى صعيد الحديد، صَنَعْنا صُوَرا انعراجية لتتبُّع ظاهرة تحوُّل البنية البلورية مما يسمّى البنية **المكعَّبة الجسمية التمركُز**(1) body-centered cubic إلى البنية **المكعَّبة الوجهية التمركُز**(2) face-centered cubic، وهي عملية تَحدثُ في تطبيقات صناعية كثيرة عند درجات حرارة عالية، ومن ضمنها إنتاج الفولاذ. وقد عاينَّا بالفعل عمليَّتَيْن ديناميَّتَيْن عندما قمنا بتسخين الحديد اعتبارا من درجة حرارة الغرفة إلى نحو 1500 كلفن في غضون نانوثانية أو نحو ذلك، فلاحظنا أولا بقعا للطَّور الوجهيِّ التمركز بدأت بالتشكُّل في مواضع معيَّنة من البلورة ببطء نسبي – على مقياس زمن من رتبة النانوثانية – بفعل الحركات اللامترابطة لذرّات الحديد. وثانيا، تنامت هذه المناطق من الطور الجديد بسرعة الصوت، وهذا يعني أن العملية لم تستغرق أكثر من **پيكوثوان** picoseconds (1 پيكوثانية = 10^{-12} من الثانية) لاستيعاب الحديد الحارّ. إن عملية التحوُّل السريعة الانتشار هذه تتضمن إزاحةَ عدد كبير من الذرّات بطريقة متناسقة، وهذا نوع غريب لافت من «ظهور» تغيُّر كبير في البلورة بفعل الحركات النانوسكوپية الضمنية التي لا تُحصى عددا. ولعلَّ فهم هذه الظاهرة يقود إلى تحسين طرائق

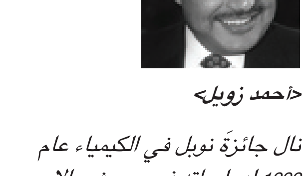
(*) Watching Biology's Clockwork
(**) From Cantilevers to Cells
(1) بنية بلورية تكوِّن الخليةُ النموذجيةُ فيها مكعَّبا، وتتوزَّع فيها الذرّاتُ في مركز الخليّة البلورية ورؤوسها.
(2) شبكة تكوِّن الخليةُ النموذجية فيها مكعَّبا، وتكون النقاطُ الشبكيةُ في مركز كل وجه من أوجه المكعب إضافة إلى رؤوسه. (التحرير)

التعامل مع الحديد والفولاذ (وغيرهما من المواد) في العمليات الصناعية.

ومن التطبيقات التي هي أكثر فاعلية وأبعد أثرا لمبحث الميكروسكوپيات الإلكترونية الفائقة السرعة والرباعية الأبعاد (4-D UEM) معاينةُ منظومات نانوية وميكروية في حالة عملها وبالزمن الحقيقي. فعلى سبيل المثال، قمنا بتصوير الذبذبات الترددية الترجيعية لكوابيل نانوسكوپية، وهو حدث لم يُسبَق إلى تحقيقه من قبلُ لحركات عالية التردُّد كهذه. وانطلاقا من النتائج التي حصلنا عليها حدَّدنا نطاقا من الكميّات يوصِّفُ الخصائصَ الماديةَ للكوابيل وحركتها، ولاحظنا أن أداءها كان مترابطا ومنسجما في عدد من الذبذبات قاربَ 10^{11} ذبذبة. وبإمكان الباحثين استعمال هذه البيانات لاختبار النماذج النظرية التي توجِّه تصميمَ منظومات ميكروكهرميكانيكية ونانوكهرميكانيكية، وهذه بدورها قد تقود إلى أنواع جديدة من تلك التجهيزات أو إلى استعمالات جديدة لها.

ومن ثم، فإن لتقنية التصوير الرباعي الأبعاد مع الميكروسكوپية الإلكترونية الفائقة السرعة تطبيقات بيولوجية مهمة كذلك. ولكي يتمثَّل الباحثون آليةَ عمل الجسم تمثُّلا كاملا، فلا بدَّ لهم من معرفة بنى الپروتينات المختلفة وغيرها من التكوينات الخلويَّة ذات الصلة، إضافة إلى خصائصها الدينامية - كيف ينثني الپروتين، وكيف يتعرَّف - انتقائيّا - الجزيئات الأخرى، وما هو الدور الذي يؤدِّيه الماءُ المحيطُ به، وهلمَّ جرّا. ومعلوم أن بعض الوظائف البيولوجية تقوم على مراحل فائقة السرعة؛ فمثلا تعتمد آليةُ الرؤية عند الإنسان، وعمليةُ التركيب الضوئي في النباتات، على فوتونات من الضوء تتسبَّب في إطلاق عمليات تستغرق زمنا من رتبة الفمتوثانية. ومع أن كثيرا من الپروتينات تؤدِّي وظائفَها، أو تَقْصُر عن أداء وظائفها، وفقا لمقاييس زمنية أطول من

المؤلف



أحمد زويل

نال جائزةَ نوبل في الكيمياء عام 1999 لدراساته في مبحث حالات انتقال التفاعلات الكيميائية باستعمال التحليل الطيفي بزمن من رتبة الفمتوثانية. يعمل في معهد كاليفورنيا للتقانة أستاذا للكيمياء ومديرا لمركز البيولوجيا الفيزيائية وأستاذا للفيزياء فيه. وفي عام 2009 عُيِّنَ عضوا في المجلس الاستشاري الرئاسي لشؤون العلم والتقانة، وأول مبعوث علميّ إلى الشرق الأوسط.

الفمتوثوان بكثير، فإن من شأن الحركات الذرّية والجزيئية أن تحدِّد - في غضون الفمتوثوان الأولى - مآلَ هذه **الجزيئات الماكروية**[1] المنظورة: هل تنثني جيدا في آخر المطاف لتتحوَّل إلى بنية صالحة، أم إلى بنية قد تسبِّب مرض ألزهايمر مثلا؟

وإحدى الدراسات في موضوع انثناء الپروتين تصوِّر نوعَ التقنيات اللازمة والنتائج المحتملة. وقد استقصيتُ مع زملائي في فريق العمل البحثَ في حساب زمن انثناء قطعة قصيرة من الپروتين بمقدار لفَّة واحدة من **لولب أو منحن حلزوني** helix، وذلك بتسخين الماء الذي غُمِرَ فيه الپروتين - وهو ما يسمى **بالقفزة الفائقة السرعة لدرجة الحرارة** ultrafast temperature jump. (تحدث هذه المنحنياتُ اللولبية في پروتينات كثيرة لا حصر لها.) وخلصنا إلى أن اللولبيات القصيرة قد تكوَّنت بسرعة أكبر ألفَ مرة أو يزيد مما كان يعتقد الباحثون؛ فقد ظهرت بمئات الپيكوثوان وعدد قليل من النانوثوان، لا بالميكروثوان كما كان الاعتقادُ سائدًا. إن العلمَ بإمكان حدوث مثل هذا الانثناء السريع ربما يفضي إلى فهم جديد للعمليات الكيميائية - الحيوية التي تشمل أيضا تلك العمليات التي تدخل في مساق الأمراض.

وغالبا ما يعتمد التصويرُ البيولوجي، باستعمال تقانتنا الفائقةِ السرعة والرباعيةِ الأبعاد، على تقانة راسخة ورصينة تسمى **مبحث الميكروسكوپيات الإلكترونية القَرِّيَّة**[2] cryoelectron microscopy. وبمقتضى هذه التقنية تُغمَس عيِّنة موجودة في الماء غمسا سريعا في مركَّب الإيثان السائل (الذي يغلي عند الدرجة - 89 مئوية)، فيتجمَّد الماءُ متحوِّلا إلى مادة صلبة زجاجية المظهر لا تسبِّب انعراج

(1) macromolecules

(2) دراسة الظواهر الإلكترونية الميكروسكوپية عند درجات حرارة منخفضة جدًا. (التحرير)

التتمة في الصفحة 49

استطلاع حصري للرأي

بالعلم نثق(*)

دراسة استطلاعية للقراء عن طريق الوِب توحي أن الجمهور المثقف علميا مازال يثق بما يقوله علماؤه مع بعض التحذيرات المهمة.

مَرَّ العلماء بسنة قاسية. وقد صَوَّرت الرسائل الإلكترونية المتسرِّبة من «climategate» الباحثين على أنهم عيّابون(1). فتفشّي الإنفلونزا HINI غير الحادة أدى إلى اتهام مسؤولي الأجهزة الصحية بأنهم بالَغوا في خطرها بغية مساعدة شركة Big Pharma على بيع المزيد من أدويتها. وقد اكتشف الباحثون في جامعة هارفرد نقاط ضعف مذهلة في بيانات أحد كبار أساتذة الجامعة. ولما كانت نتائج الأبحاث العلمية تغالي أحيانا في ادعاءاتها حول حدوث تغيرات جذرية في الطقس والطاقة والصحة والتقانة، فمن الأهمية بمكان أن نتساءل: إلى أي مدى زعزعت الأحداث القريبة العهد إيمان الناس بالعلم؟ وهل ما انفكّ الناس يثقون به؟

للإجابة عن هذين السؤالين اشتركت مجلة *ساينتفيك أمريكان* مع المجلة العلمية نيتشر *(الطبيعة)* Nature في استطلاع آراء القراء **على الخط** online. وقد أجاب عن الأسئلة التي وردت في الاستطلاع 21 000 شخص عن طريق مواقع مجلتي نيتشر و*ساينتفيك أمريكان* وطبَعاتهمَا الدولية على الوِب. وكما هو متوقع، كان المجيبون عن أسئلة الاستطلاع متعاونين ومثقفين علميا – إذ إن 19 في المئة منهم يحملون الدكتوراه. ولكن مواقفهم كانت واسعة التنوع في مواضيع معينة – الطقس، التطور، التقانة – وكانت هناك علاقة بين الأجوبة وكون المستطلَع رأيُه يقيم في الولايات المتحدة أو أوروبا أو آسيا.

(*) IN SCIENCE WE TRUST

(1) censorious يتجنون في نقدهم.

إلى أي مدى يثق الناس بما يقوله العلماء؟

طلبنا إلى المجيبين أن يسجلوا درجة ثقتهم بالمجموعات المختلفة من الناس، بدءا من الدرجة 1 (لا أثق إطلاقا) وصولا إلى الدرجة 5 (أثق بقوة). وكانت النتيجة أن جاء العلماء على رأس قائمة الموثوق بهم. وعندما طلبنا إليهم ذِكْرَ المواضيع التي يثق الناس بما يقوله العلماء العاملون فيها، تبين أن ثلاثة مواضيع (من المفاجىء أنها تضمنت موضوع النشوء والتطور evolution) حصلت على أصوات تجاوز عددها عدد أصوات الواثقين بجميع المواضيع العلمية الأخرى مجتمعة.

من الذي تُولِّيه نموذجيا ثقتك بأنه يزودك بمعلومات دقيقة عن مواضيع مهمة تتعلق بالمجتمع؟

المجموعة	الدرجة
سلطات دينية	1.55 درجة
شخصيات رسمية منتخَبة	1.76 درجة
شركات	1.78 درجة
صحفيون	2.57 درجة
مجموعات مواطنين عاديين	2.69 درجة
منظمات غير حكومية	3.09 درجة
أصدقاء أو أفراد العائلة	3.09 درجة
علماء	3.98 درجة

ما هي درجة ثقتك بما يقوله العلماء في المواضيع الآتية؟

(أثق بقوة بأقوالهم (5.0) – أثق بأقوالهم (4.0) – لا أعرف (3.0))

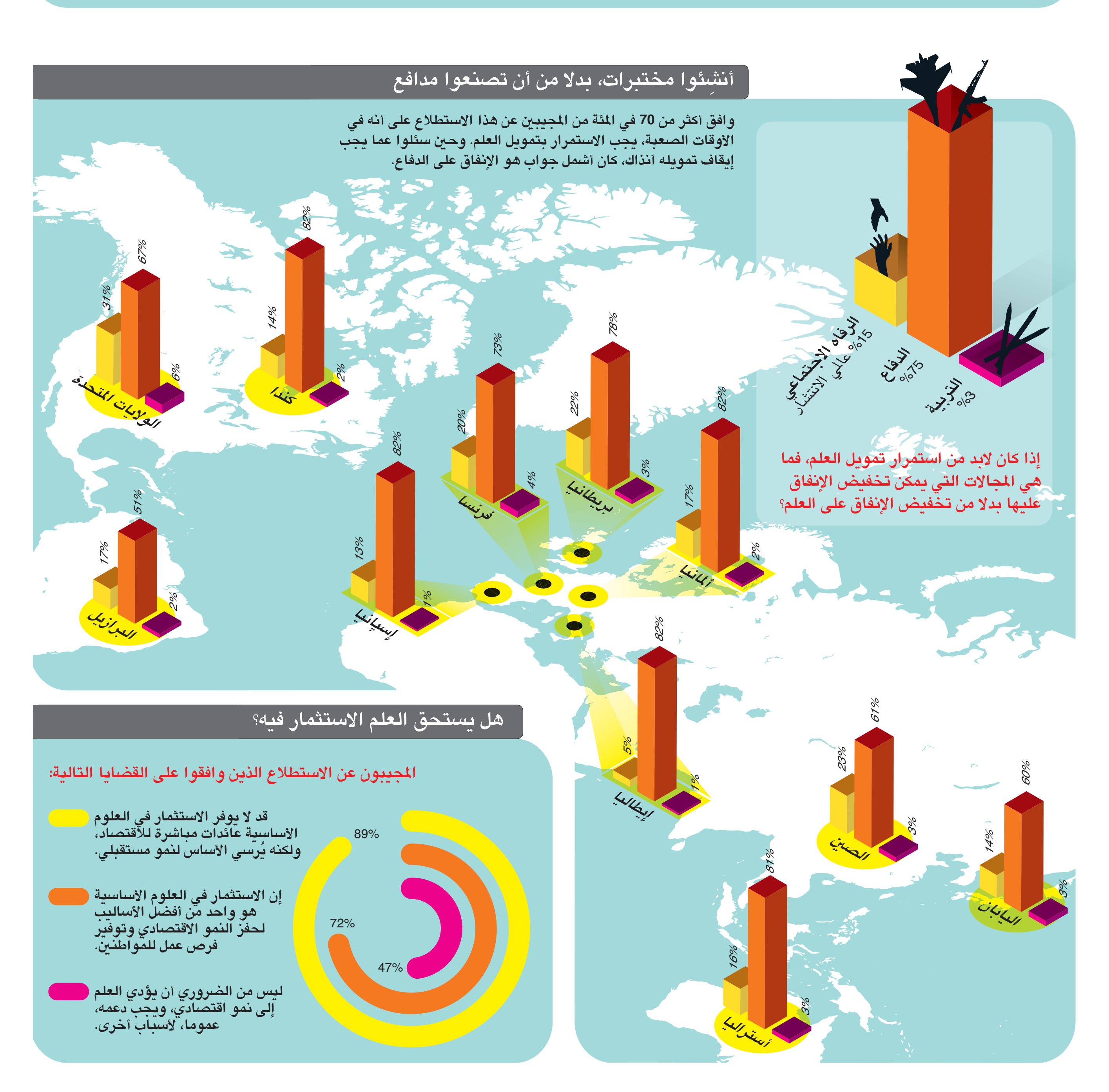
الموضوع	الدرجة
النشوء والتطور	4.3
الطاقة المتجددة	4.08
أصل الكون	4.0
الخلايا الجذعية	3.97
مسببات السرطان	3.91
علاجات السرطان	3.74
الطاقة النووية	3.67
التغير المناخي	3.66
مسببات التوحد (الذاتوية)	3.53
سلامة الغذاء	3.44
الفيتامينات ومكملاتها	3.42
الغلال المعدلة جينيا	3.39
المبيدات الحشرية	3.33
أدوية الاكتئاب	3.21
أوبئة الإنفلونزا	3.19

حين يواجه العلمُ السياسةَ: قصة ثلاث أمم

تُرى، هل يتعين على العلماء الانخراط في السياسة؟ لقد تبين أن أجوبة القراء تختلف باختلاف المناطق التي ينتمون إليها. فمثلا، يبدو أن الألمان - الذين يحمل أرفع سياسييهم مقاما درجة الدكتوراه في الكيمياء الكمومية (الكوانتية) quantum chemistry - يحبذون أن يكون للعلماء دور كبير في السياسة، وذلك خلافا للصينيين. ومع أن معظم قادة الصين مهندسون، فإن المجيبين منهم عن هذا الاستطلاع كانوا أقل حماسة بكثير من نظرائهم الألمان أو الأمريكيين لرؤية علماء ينشطون في الحياة السياسية.

الموافقون، ممن أجابوا عن هذا الاستطلاع، على العبارات التالية:

العبارة	عالمي الانتشار	ألمانيا	الصين	الولايات المتحدة
يجب على العلماء التعبير بحرية عما يقوله العلم، ولكن عليهم تفادي الدفاع عنه.	30%	15%	45%	40%
يجب على العلماء الابتعاد عن السياسة.	18%	8%	45%	17%
العلماء هم أفضل من يعرف ما هو جيد للمجتمع.	23%	20%	35%	21%
يتعين على العلماء الاهتمام برغبات الناس، حتى ولو ظنوا أن هؤلاء على خطأ، أو أنهم لا يفهمون عمل العلماء.	31%	25%	65%	26%



مخاوف تقانية

يمكن أن تؤدي التقانة إلى عواقب غير متوقعة. وقد سألنا القراء عن النشاطات التقانية التي يجب الحدّ منها - أو يجب، على الأقل، مراقبتها عن كثب. وكان من المفاجئ أن عدد المجيبين عن الاستطلاع والمهتمين بالأنشطة النووية، كان أكبر من المهتمين بالحياة الاصطناعية artificial life، أو الخلايا الجذعية، أو المحاصيل المعدلة جينيا.



الولايات المتحدة مقابل أوروبا

ثمة اختلاف حاد في مواقف الأوروبيين والأمريكيين من التقانة. فنسب المجيبين عن الاستطلاع، الذين عبَّروا عن قلقهم من الطاقة النووية والمحاصيل المعدلة جينيا، كانت أعلى في أوروبا منها في أمريكا. (وفي هذا التصنيف تضم أوروبا: بلجيكا وفرنسا وألمانيا وإيطاليا وإسپانيا ويُستبعد منها بريطانيا التي تقترب الآراء فيها بقدر أكبر من آراء الأمريكيين). وفي أوروبا وأمريكا، كلتيهما، يبدو أن التقانة النانوية غير معروفة إلى حد بعيد. وقد عبّر الأوروبيون أيضا عن عدم ثقتهم بما يقوله العلماء عن أوبئة الإنفلونزا [انظر *الإطار العلوي في الصفحة المقابلة*].

ما مدى ارتياحك لما تسمعه عن الأخطار المرتبطة بالطاقة النووية؟

	الولايات المتحدة	أوروبا
غير مرتاح	18%	66%
مرتاح إلى حد ما	56%	27%
مرتاح جدا	24%	5%
لا أعرف	2%	2%

ما مدى ارتياحك لما تسمعه عن الأخطار المرتبطة بالتقانة النانوية؟

	الولايات المتحدة	أوروبا
غير مرتاح	28%	23%
مرتاح إلى حد ما	10%	11%
مرتاح جدا	27%	33%
لا أعرف	36%	33%

ما مدى ارتياحك لما تسمعه عن الأخطار المرتبطة بالمحاصيل المعدلة جينيا؟

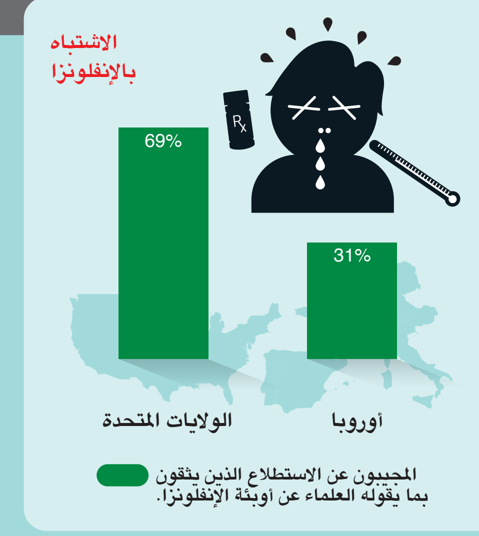
	الولايات المتحدة	أوروبا
غير مرتاح	13%	27%
مرتاح إلى حد ما	34%	48%
مرتاح جدا	53%	26%

في 2009/6/11، أعلنت مِنظمة الصحة العالمية، التي مقرها جنيف، أن تفشي الإنفلونزا H1N1 بلغ درجة الوباء، مؤكدة بذلك ما كان قد اكتشفه علماؤها المتخصصون بالفيروسات، وهو أن فيروس الإنفلونزاH1N1 انتشر في العالم كله. وقد طلبت الحكومات رصد بلايين الدولارات ثمنا للقاحات وأدوية مضادة للفيروسات كي تكون هذه الحكومات مستعدة للتصدي لفيروس، تبين لاحقا أنه غير حاد.

وبعد انقضاء سنة على هذا الحدث، بينت دراستان أوروبيتان أنه كان يطغى على عملية اتخاذ القرارات في منظمة الصحة العالمية صراع مصالح. ففي عام 2004 أوصت لجنة من منظمة الصحة العالمية بأن تقوم الحكومات باقتناء مخزون احتياطي من الأدوية المضادة للفيروس في أوقات تفشي الوباء، واكتُشف في وقت لاحق أن لعلماء تلك اللجنة صلات بشركات الأدوية. وقد رفضت منظمة الصحة العالمية الكشف عن أسماء العلماء المشاركين في لجنة عام 2009، الذين أوصوا بإعلان تفشي الوباء، وهذا يؤدي إلى الاشتباه بأنه ربما كانت لهم صلة بصناعة الأدوية أيضا.

وقد انخرط في الجدل عدد كبير من الصحف والقنوات الإذاعية والتلفزيونية الأوروبية ـ فمثلا ورد في الطبعة المصغرة لجريدة *Daily Mail* البريطانية ما يلي: «الوباء الذي لم يكن له وجود قط: لقد شجعت شركات الأدوية المسؤولين في منظمة الصحة العالمية على المبالغة في التهديد الناتج من انتشار إنفلونزا الخنازير»؛ أما الجدل الذي احتدم في الولايات المتحدة فلم يُعِره الناس اهتماما يُذكر.

ويبدو أنه كان للصخب الذي حدث في أوروبا تـأثير ملحوظ في الرأي العام. وقد عبر زهاء 70 في المئة من الذين أجابوا عن الاستطلاع في الولايات المتحدة عن ثقتهم بما يقوله العلماء عن تفشي أوبئة الإنفلونزا؛ أما في أوروبا، فلم تتجاوز نسبة الواثقين 31 في المئة. وقد مثّل هذان الرقمان (70% و31%) أكبر انقسام بين الولايات المتحدة وأوروبا في أي موضوع أُجْرِي له استطلاع للرأي في البلدين.



إنكار التغيرات المناخية آخذ بالانخفاض

تظهر استطلاعات كثيرة للرأي انخفاضا في النسبة المئوية للأمريكيين الذين يعتقدون أن للبشر دورا في التغيرات المناخية، ولكن استطلاعنا يوحي أنهم ليسوا ضمن أقل الناس إنكارا لهذا الدور. (هؤلاء الناس ينتمون إلى فرنسا، اليابان، أستراليا). بيد أن المواقف من هذا الموضوع قد تكون آخذة بالانزياح إلى الطرف المقابل. ومن بين المجيبين عن الاستطلاع، الذين غيروا آراءهم في عام 2009، كانت نسبة من ازداد يقينهم بأن البشر يغيرون المناخ إلى أولئك الذين قل يقينهم بذلك ثلاثة إلى واحد.

في السنة الماضية، هل تبدلت آراؤك بأي طريقة بشأن التغيرات المناخية؟

العالم: 46% لم تتغير آرائي، 40% ازداد يقيني بأن البشر هم الذين يغيرون المناخ، 14% ازدادت شكوكي في أن النشاطات البشرية هي التي تغير المناخ، 2.9 نسبة الذين يقينهم قوي إلى أولئك الذين يقينهم ضعيف

نظرية كل شيء اللاّمُدرَكة(*)

لأمد طويل، سعى الفيزيائيون جاهدين إلى إيجاد نظرية تُوَّحِدُ جميع نظريات الفيزياء بنظرية واحدة نهائية[1]. ولكن، ربما عليهم التخلي عن هذا الطموح وأن يَرْتَضُوا بتعددية تلك النظريات.

<S. هوكنك> – <L. ملودينو>

قبل بضع سنوات مَنَع مجلسُ مدينة مونزا الإيطالية أصحابَ الحيوانات المدللة من حفظ الأسماك الذهبية في الأحواض السمكية المقعّرة. ويُردُّ ذلك وفقا لمقدمي اقتراح هذا الإجراء، إلى أنه من القساوة بمكان حفظ سمكة في حوض من هذه الأحواض لأن جوانبه المقوّسة تزوِّد السمكة بمنظر مشَوَّه عن الواقع. وبغض النظر عن أهميةِ هذا الإجراء بالنسبة إلى السمكة المسكينة إلا أن القصة تثير سؤالا فلسفيا جديرا بالاهتمام ألا وهو: كيف نعلم أن الواقع الذي ندركه هو حقيقي؟

صحيح أن السمكة الذهبية ترى صيغة من واقع مختلفة عن صيغة ما نراه، ولكن هل بمقدورنا التأكد من أن صيغتَها أقلُ أصالة؟ جميع ما نعرفه هو أننا أيضا قد نقضي حياتنا كلها محدِّقين بالعالَم الخارجي عبر عدسات مُشوّهة.

في الفيزياء، لا يعتبر هذا السؤال سؤالا أكاديميا. في الحقيقة، يجد الفيزيائيون والكوسمولوجيون أنفسَهم في موقف مماثل لموقف السمكة الذهبية. فخلال عقود من الزمن، سعينا جاهدين إلى أن نضع نظرية نهائية لكل شيء أي مجموعةً واحدة كاملة ومتسقة من القوانين الأساسية للطبيعة التي تُفَسِّر كل جانب من جوانب الواقع. ولكن يبدو الآن أن هذا السعي ربما لا يؤدي إلى نظرية واحدة بل إلى مجموعة نظريات مترابطة فيما بينها تصِف كلٌ منها صيغة واقع خاص بها، كأنما تنظر إلى الكون من خلال حوضها السمكيّ الخاص بها.

قد يصعب على كثير من الناس ومن ضمنهم بعض العلميين تَقَبّل هذا المفهوم؛ إذ يعتقد معظم الناس بوجود **واقع موضوعي** objective reality وأن حواسنا وعلومنا تنقل المعلومات مباشرة عن العالَم المادي. فالعِلم التقليدي مؤسس على الاعتقاد بوجود عالَم خارجي ذِي صفات محددة ومستقلة عن الراصد الذي يلاحظه. ويُطلق على هذا الاعتقاد في حقول الفلسفة مصطلحُ «**الواقعية**» realism.

والذين يتذكرون <T. **لِيري**>[2] وستينات القرن الماضي

(*) The (Elusive) Theory of Everything

(1) أي وضع نظرية تنص بشكل موحد على قوى الطبيعة الأساسية الأربع. انظر: «*دكتور توحيد قوى الطبيعة الأساسية*»، العلوم، العددان 12/11(2010)، ص 46.

(2) Timothy Leary (1920 - 1996) عالم نفس أمريكي، اشتهر بخاصة لدعوته إلى استعمال المخدر LSD في بعض المعالجات النفسية.

(3) Einstein´s gravitation

(4) انظر: «*الكون الذكي*»، العلوم، العددان 8/7 (2007)، ص 74: كتابان جديدان يقولان إن الوقت قد حان لإسقاط نظرية الأوتار.

(5) M-theory

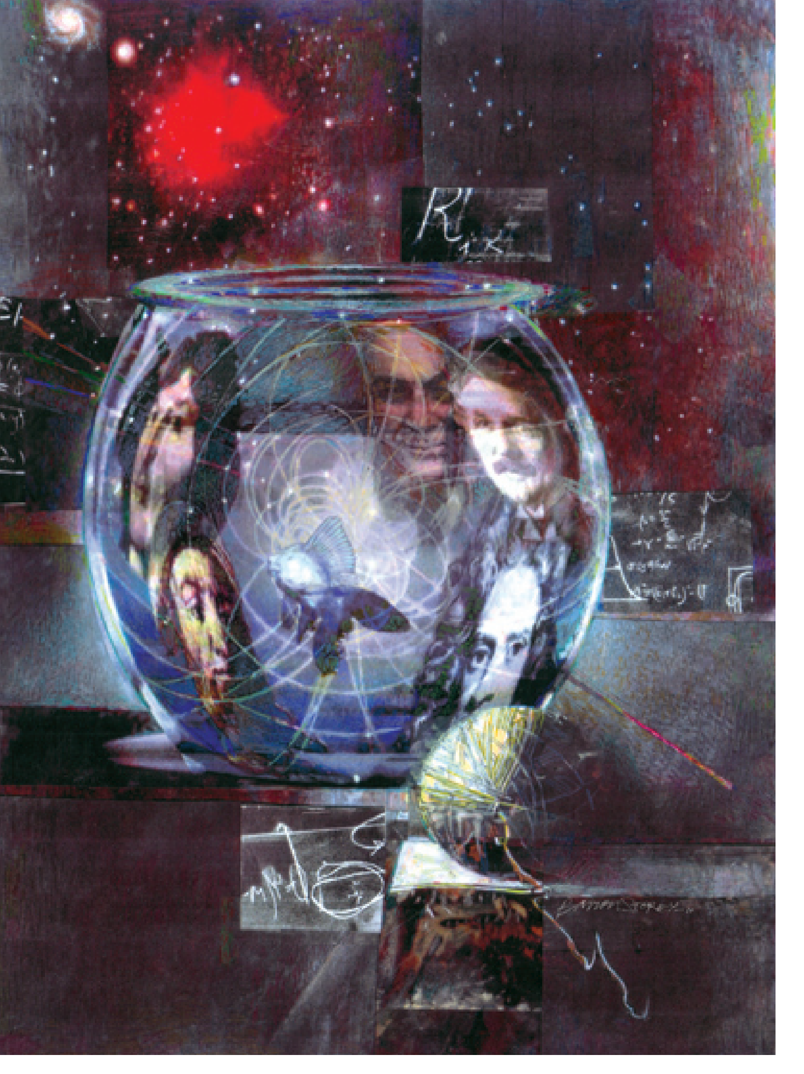
باختصار

يمكن القول إن أبحاث <ستيفن هوكنك> حول الثقوب السوداء ونشأة الكون تُشكّل أكبر تقدم ملموس حققه الفيزيائيون النظريون نحو العمل على توفيق تثاقل آينشتاين[3] مع الفيزياء الكمومية من خلال محاولة إيجاد نظرية نهائية لكل شيء.

لدى الفيزيائيين «نظرية الأوتار» String Theory[4] كمُرشّحة مفضلة عندهم لمثل تلك النظرية. غير أن نظرية الأوتار تأتي بخمس صيغ مختلفة، وكل واحدة منها تغطّي مجالا مقصورا على ظواهر محددة.

ولكن من ناحية أُخرى، هناك شبكة من العلاقات الرياضياتية التي تربط الصيغ المختلفة لنظريات الأوتار بعضها ببعض مُشَكِّلة منظومة شاملة واحدة تسمى النظرية M[5]، وقد تكون هذه الشبكة هي نفسها النظرية النهائية المنشودة.

وفي كتاب جديد بعنوان «*التصميم الحاسم*» *The Grand Design* يحاول مؤلفا هذه المقالة إثبات أن السعي إلى اكتشاف نظرية نهائية ربما في واقع الحال لن يؤدي على الإطلاق إلى مجموعة وحيدة من المعادلات. وقد جاء في كتابهما أن كل نظرية علمية تأتي بنموذج للواقع خاص بها، وربما لا يكون ثمة معنى للإعراب عما هي الحقيقة فعلا. وهذه المقالة مستقاة من هذا الكتاب.



يعلمون جيدا أن ثمة إمكانية أُخرى ألا وهي أن مفهوم الواقع يمكن أن يعتمد على عقل ملاحِظه أو راصِده. وتُسمى وجهة النظر هذه، مع اختلافات دقيقة متنوعة، بمسميات مثل: لاواقعية أو مثالية أو **وسائلية**[1] instrumentalism. ووفق تلك المبادئ يُنشِئُ العقل البشري العالَمَ الذي نعرفه مستخدما بيانات حسية كمادته الخام والبنى التفسيرية لأدمغتنا هي التي تُسبِغ عليه شكله. وقد يصعب قبول وجهة النظر هذه، ولكن ليس من الصعب فهمها. إذ لا توجد طريقة لإزالة الراصد (الملاحظ) - الإنسان - من إدراكنا للعالَم.

إن مسيرة تقدم علم الفيزياء صَيّرتْ الدفاعَ عن الفلسفة الواقعية أمرا صعبا. ففي الفيزياء التقليدية - فيزياء نيوتن التي تصف خبراتنا اليومية الاعتيادية بدقة إلى حد بعيد - ينسجم تأويلُ أغلب المفاهيم مثل «جسم» و«موضع» انسجاما متناغما مع الفهم «الواقعي» الحصيف لتلك المفاهيم. ولكن من ناحية أُخرى، إننا أدوات فجة كوسائل قياس. فقد وجد الفيزيائيون أن الأجسامَ الاعتيادية والضوءَ الذي بواسطته نشاهدها، جميعها، مكوّنةٌ من جسيمات - كالألكترونات والفوتونات - لا نعيها مباشرة ولا تنص عليها قوانين الفيزياء التقليدية وإنما قوانين الفيزياء الكمومية.

يُشَكِّل مفهوم الواقع في النظرية الكمومية انحرافا جذريا عن نظيره في الفيزياء التقليدية. ففي إطار النظرية الكمومية، ليس للأجسام مواضع ولا سرعات محددة ما لم يُجرِ راصدٌ قياسا لها. وفي بعض الحالات، لا تتمتع أجسام منفردة حتى بوجود مستقل وإنما فقط بوجود كجزء من طاقم مجموعة. وفي الفيزياء الكمومية أيضا هناك نتائج مهمة حول إدراكنا للماضي. ففي الفيزياء التقليدية، يُفْتَرَض وجود الماضي كتسلسل حوادث محددة، ولكن الماضي وفق الفيزياء الكمومية هو كالمستقبل، غير محدد ويوجد فقط كطيف من الإمكانيات. وحتى الكون ككل ليس له ماضٍ أو تاريخ وحيد. وهكذا، تدل الفيزياء الكمومية ضمنا على واقع مختلف عن نظيره في الفيزياء التقليدية - حتى وإن كانت الأخيرةُ منسجمةً مع مدركاتنا الحدسية وما زالت تخدمنا جيدا عندما نصمم أشياء كالأبنية والجسور.

وهذه الأمثلةُ تقودنا إلى استنتاج يُهيِّئ إطارا فكريا مهما نفسِّر من خلاله العِلم الحديث. *ففي رأينا، ليس* ***ثمة تمثيل*** *representation أو (صورة ذهنية) أو مفهوم لوجود واقع مستقل عن أي نظرية*. وبدلا من ذلك، نتبنى مفهوما نطلق عليه اسم «**واقعية قائمة على نموذج**» model-dependent realism. إن الفكرة وراء هذا الرأي هي أن كل نظرية فيزيائية أو تمثيل للعالَم ليست سوى نموذج (ذي طبيعة رياضياتية على الأغلب) مع مجموعة قواعد تربط عناصر النموذج بمشاهدات أو أرصاد. وتبعا للواقعية القائمة على نموذج، من العبث التساؤل فيما إذا كان نموذجٌ حقيقيا أم لا، بل فقط فيما إذا كان متفقا مع مشاهدات أم لا. وفي حالة اتفاق نموذجين مع مشاهدات معينة، لا يمكن اعتبار أحدهما حقيقيا أكثر من الآخر. ويمكن استعمال أي منهما لِما هو أنسب في الموقف قيد النظر.

لا تحاول تعديل الصورة(*)

تُكوِّن فكرةُ **حقائق (وقائع) بديلة**[2] عمادَ الثقافة الشعبية المعاصرة. فمثلا، في فيلم الخيال العلمي السينمائي المسمى «*الماتريكس*» *The Matrix*، يعيش الناس - من دون عِلم منهم - في واقع افتراضي مُحاكى أُنْشِئَ بحواسيب ذكية لِتبقيهم مُهَدئين ومقتنعين، في حين تمتص الحواسيب طاقتهم الكهروحيوية (مهما كانت هذه الطاقة). ولكن، كيف نعلم أننا

(*) Do Not Attempt To Adjust The Picture

(١) مذهب يقول إن أهم ما في الشيء أو الفكرة هو قيمتها كوسيلة للعمل.

(٢) alternative realities



لسنا مجرد كائنات مُوَلَّدة حاسوبيا تعيش فيما يشبه عالَم ماتريكس؟ وإذا كنا نعيش في عالَـم صُنْعِيّ تخيليّ، فليس بالضرورة أن يكون لِلحوادث أي منطق أو اتسـاق أو امتثال لأي قانــون. فقد تجد الكائناتُ الغريبة المتحكمة فينا متعة أو تسـلية أكبر في مراقبة ردود أفعالنــا، فمثلا، لو قرّر فجأة كلُ فرد في العالَم أن الشـوكولاته مثيرة للاشـمئزاز أو أن الحرب ليسـت خيارا، لكن ذلك لم يحدث قط. أما إذا قررتْ الكائنـاتُ الغريبــة أن تفرض فعلا قوانين متناسـقة، فلن يكون لدينا أي وسـيلة للتحدث عن واقع آخر يقف وراء ذلك **المُحاكى**[١]. ولعل من السهل أن يُنعتَ العالَمُ الذي تعيش فيه الكائنات الغريبة بأنه «الحقيقي» والعالَمُ المولّدُ حاسوبيا بأنه عالم مزيف. ولكن إذا كانت الكائناتُ في العالَم المُحاكى غيرَ قادرة – مثلنا نحن البشـر – على النظر مليّا إلى كونهم من خارجه، فلن يكون لديها سـبب لأي شك يساور تصوراتِهم الذهنية الخاصة عن الواقع.

إن الأسماك الذهبية هي في موقف مماثل. فنظرتها ليست نظرتنا نفسها ونحن خارج حوضهم المقعّر؛ ولكنها مع ذلك، قادرة على صياغة قوانين علمية تتحكم في حركة الأجسـام التي تشـاهدها في الخارج. فمثلا، نحن نشاهد جسما في حركة حرُة يسـلك مسارا على خط مستقيم، ولكن الأسماك الذهبية تشاهده يتحرك على امتداد مسار مقوّس، وذلك بسبب انحـراف الضوء عند انتقاله من الهواء إلى الماء وتسـتطيع الأسـماك الذهبية – وهي في **إطارها الإسنادي**[٢] المشوّه – صياغةَ قوانين علمية تصح دائما وتمكنها من إجراء تنبؤات مسـتقبلية حول حركة الأجسام خارج الحوض. صحيح أن قوانينَها (الأسـماك) سـتكون أكثر تعقيدا من نظيراتها في إطارنا، ولكن البسـاطةَ موضوعُ يتعلق بالذوق. فإذا صاغتْ الأسـماك الذهبية نظرية كهذه، فعلينا الإقرار بِنظرتها على أنها صورةٌ صحيحة عن الواقع.

يزودنـا التباينُ بين **نموذج كون پطليموس الأرضيِّ – المَركز**[٣] ونظيره **الكوپرنيكسي الشمسيِّ – المَركز** بمثال مشـهور مقتبس من العالَم الحقيقي لصـور ذهنية مختلفة عن الواقـع. ومع أنه ليس من غير الشـائع أن يقول الناس إن كوپرنيكـس قـد برهن على خطأ پطليمـوس، ولكن هذا غيـر صحيح. إذ يمكن للمـرء – كما في حالة نظرتنا مقابل نظرة الأسـماك الذهبية – أن يسـتعمل أيا من الصورتين كنموذج للكون، ذلك بسبب اسـتطاعتنا تفسير مشاهداتنا للسـماء بافتراض ثبات إما الأرض أو الشمس. وعلى الرغم مـن أهمية هذا الموضوع في مناظرات فلسـفية حول طبيعة كوننا، فإن الميزة الحقيقية للنظام الكوپرنيكسي تكمن في أن معادلات الحركة فيه أبسط بكثير في إطار إسنادي تكون فيه الشمس ثابتة.

إن الواقعية القائمة على نموذج لا تُطبّق فقط على النماذج العلميــة، وإنما أيضا علــى النماذج الذهنيــة الواعية **ودون الواعية**[٤] التي ينشـئوها كل واحد منا لِتفسير ولِفهم عالَم حياته اليومي. فمثلا يعالج الدماغُ البشـري البيانَات الخام المستلَمة من العصب البصري بتركيبه البيانات المُدخلة من العينيــن كلتيهما وبتقويته دقة التحليــل وبملئه فجوات كتلك الموجودة عند البقعة العمياء للشبكية. إضافة إلى ذلك، يكوِّن الدماغُ الانطباع بالفضــاء الثلاثي الأبعاد من البيانات ذات البعدين للشـبكية. فعندما ترى كرسيا، فإنك استعملت فقط الضوء المُبددّ بِالكرسـي لإنشــاء صورة ذهنيــة أو نموذج للكرسي. فالدماغ من البراعة في النمذجة إلى درجة أنه إذا جُهِّز المرء بعدسـات تقلب الصور في عينيه رأسا على عقب، فدماغه يُبدِّل النموذج بحيث يعود إلى رؤية الأشياء بوضعها الصحيح ربما قبل محاولته الجلوس على ذلك الكرسي.

---

(١) simulated
(٢) frame of reference
(٣) Ptolemy,s Earth - centered Model of the universe
(٤) subconscious

لمحاتٌ عن النظرية العميقة(*)

في السعي إلى اكتشاف القوانين النهائية للفيزياء، لم تُثر أي مقاربة آمالا أوسع أو جدالات أكثر مما أثارته نظريةُ الأوتار. فقد اقْتُرِحتْ نظرية الأوتار لأول مرة في سبعينات القرن الماضي كمحاولة لتوحيد قوى الطبيعة في بُنية متماسكة وبصورة خاصة لاجتذاب قوة **الثقالة** gravity إلى مجال الفيزياء الكمومية. ولكن، في بداية التسعينات اكتشف الفيزيائيون أن نظرية الأوتار تُعاني قضية محرجة وهي أن هنالك خمس نظريات أوتار مختلفة، الأمر الذي شكل إرباكا تاما لأولئك الدعاة إلى أن نظرية الأوتار هي النظرية الوحيدة لكل شيء. ففي أواسط التسعينات بدأ باحثون باكتشاف أن تلك النظريات المختلفة ونظرية أُخرى تُدعى **الثقالة الفائقة** supergravity تصف فعلا الظواهر نفسها مما منحهم بعض الأمل في الوصول إلى **نظرية مُوَحّدة** unified theory في نهاية المطاف. في الحقيقة، ثمة صلاتٌ قُربى بين تلك النظريات، بما يسميه الفيزيائيون «**مثنويات**» dualities، وهي كقاموس رياضياتي لِترجمة المفاهيم الواحد إلى الآخر. ولكن للأسف، فإن كل واحدة من هذه النظريات تصف وصفا جيدا فقط ظواهر خاضعة لشروط محددة - مثلا - طاقات منخفضة. ولا تتمكن أي نظرية منها وصف جميع ظواهر الكون.

إن المختصين بنظرية الأوتار، قد اقتنعوا الآن بأن تلك النظريات الخمس ما هي إلا تقريبات مختلفة لنظرية أساسية أكثر عمقا تُدعى **النظرية M**(1) (يبدو أنه لا أحد يعرف ماذا يمثل الحرف M)(2) ولا تزال ثمة محاولات لفك ألغاز النظرية M، ولكن يبدو أنه قد أصبح من المتعذر الاحتفاظ بالتوقعات التقليدية لإيجاد نظرية واحدة لجميع ظواهر الطبيعة؛ كما أنه بُغية وصف الكون يجب علينا استعمال نظريات مختلفة في حالات مختلفة. ولذلك، فإن النظرية M ليست نظرية بالمعنى الاعتيادي لِلكلمة، إنما تُشَكل شبكة من نظريات، تشبه الخريطة إلى حد ما. فلإسقاطٍ خرائطيٍّ أمين للكرة الأرضية بكاملها على سطح مستوٍ، ينبغي استعمال مجموعة من خرائط متداخلة الواحدة بالأُخرى، تغطي كلٌّ واحدة منها منطقة محددة فقط من الكرة الأرضية، لكنها تُبَيِّنُ المشهد الجغرافي نفسه حيثما تتداخل. وبالمثل، فإن مختلف النظريات في عائلة النظرية M قد تبدو متباينة جدا، ولكن بالإمكان اعتبارها نُسخا من النظرية الخفية نفسها. وتتنبأ كل واحدة من تلك النظريات بالظواهر نفسها حيثما تتداخل، ولكن لا تحرز أيٌّ منها نجاحا جيدا في جميع الحالات.

وكلما اكتشفنا نموذجا للعالَم ووَجدناه ناجحا، ننحو إلى أن تُعزى إليه صفة الواقعية أو الحقيقة المطلقة. ولكن على غرار مثال الأسماك الذهبية، تُبين النظرية M أيضا أن بالإمكان نمذجة أية حالة واحدة بأساليب مختلفة يَستخدِم كل واحد منها عناصر ومفاهيم أساسية مختلفة. فقد يبدو أنه من أجل وصف الكون يتعين علينا استخدام نظريات مختلفة في مواقف أو حالات مختلفة. ولكل نظرية منها صيغةُ واقعية خاصة بها؛ ولكن تُعتبر تلك التنوعات مقبولة وفق «الواقعية القائمة على نموذج». ولا يمكن أن تُنعت أيٌّ من هذه الصيغ بأنها أكثرُ أصالة من أي صيغة أُخرى. وهذه الأفكار لا تمثل توقعات الفيزيائيين التَقليدية لسمات نظرية عن الطبيعة، كما أنها ليست منسجمة مع فكرتنا الاعتيادية عن الواقع (الحقيقة). ولكن من الجائز أن يكون الكونِ كذلك. ■

(*) Glimpses of The Deep Theory

(1) M-theory

(2) ربما يمثل الحرف الأول M على حد قول المؤلفين إحدى الكلمات التالية أو جميعها: «master» أو «miracle» أو «mystery».

(3) Lucasian Professorship

(4) *A Brief History of Time*

(5) *Euclid's Window: The Story of Geometry from Parallel lines to Hyperspace*

(6) *The Drunkard's Walk: How Randomness Rules Our Lives*

المؤلفان

Stephen Hawking

وضَعَتْ أبحاثه الأساسَ لفهم الثقوب السوداء ومنشأ الكون فهما معاصرا، مع أن شهرته، على حد قوله، تردُّ على الأقل إلى ظهوره المتعدد على شاشات التلفاز في المسلسلين Simpsons *و* Star Trek The Next Generation*. ومنذ عام 1979 إلى عام 2009 كان أُستاذ الرياضيات في جامعة كامبردج شاغلا كرسي* ***اللوكاسي***(3) *الذي شغله من قبله «إسحق نيوتن». ومن مؤلفاته الكتاب الكلاسيكي «**موجز تاريخ الزمن**(4)» الذي بيعَ منه أكثر من تسعة ملايين نسخة.*



Leonard Mlodinow

*أُستاذ الفيزياء النظرية في معهد كاليفورنيا التقاني (CIT) وهو مؤلف لسبعة كتب منها: «**نافذة إقليدس: قصة الهندسة من المستقيمات المتوازية الى الفضاء الزائدي**(5)» و«**مشية الثَمِل: كيف تتحكم العشوائية في حياتنا**(6)» وكذلك سيناريو كل من المسلسلين «ماكايفر» و«ستار تَيك: الجيل القادم».*



مراجع للاستزادة

The Theory Formerly Known as Strings. Michael J. Duff in *Scientific American*, Vol. 278, No. 2, pages 54-59; February 1998.

The Illusion of Gravity. Juan Maldacena in *Scientific American*, Vol. 293, No. 5, pages 32-39; November 2005.

The Grand Design. Stephen Hawking and Leonard Mlodinow. Bantam Books, 2010.

***Scientific American*, October 2010**

عوالم معتمة(*)

ثمّة كون شَبَحيّ حِيك بسكون في كوننا، وقد تكون له حياة داخلية غنية خاصة به.

‹J. فينك› – ‹M. ترودن›

في 1846/9/23، تسلَّم ‹J. G. گال› [مدير مرصد برلين] رسالة كان مقدَّرا لها أن تُغيِّر مجرى التاريخ الفلكي. بعث الرسالة شخص فرنسي اسمه ‹U. لوڤرييه› وكان يدرس حركة الكوكب أورانوس، وقد توصّل إلى أنّ مسار هذا الكوكب لا يمكن تفسيره بواسطة تأثير **القوى التثاقلية**[1] المعروفة فيه. واقترح ‹لوڤرييه› وجود جسم غير مرصود حتى ذلك الوقت يُسبِّب **سحبُه التثاقلي**[2] اضطرابا في مدار أورانوس يتوافق مع ما يلزم بالضبط لإحداث **المشاهدات الشاذة المرصودة**[3]. وفي تلك الليلة تَوجَّه ‹گال› إلى **مقرابه**[4]، وباتّباعه تعليمات ‹لوڤرييه› اكتشف الكوكب **نبتون**[5].

في الكوسمولوجيا المعاصرة نجد دراما مشابهة تدور أحداثها من جديد هذه الأيام، حيث يرصد الفلكيون حركات كونية غير سوية، ويستنتجون منها وجود مادة جديدة، ويذهبون للبحث عنها. وفي هذه الدراما يؤدّي دورَ أورانوس نجومٌ ومجراتٌ تتحرك بطرق يجب ألاّ تسلكها؛ ويؤدي دورَ نبتون موادُّ استُنتِج وجودها ولكنها لم تُرصَد حتى الآن، وقد سُمّيت مؤقتا **بالمادة المعتمة**[6] والطاقة المعتمة. وانطلاقا من أنماط الحركات غير السوية التي نشاهدها، يمكننا اكتشاف بضع حقائق أساسية تتعلق بها. فالمادة المعتمة تبدو وكأنها بحر من الجسيمات غير المرئية التي تملأ الفضاء من دون انتظام؛ بينما الطاقة المعتمة تنتشر بانتظام وتتصرف كما لو أنها محيكة في نسيج الفضاء ذاته. ومازال يتعيّن على العلماء تكرار إنجاز ‹گال› الذي أبدعه عندما وَجّه آلة إلى السماء، واستطاع بفضلها أن يلمح بشكل جازم الأجرام السماوية غير المرئية، ولكن هناك علامات مقلقة – مثل النقاط المضيئة التي تُرى في **كواشف الجسيمات**[7] – تواصل تراكمها.

منذ اكتشاف نبتون –انطلاقا من ظهوره كقوة مبهمة تؤثر في أورانوس – تبيّن أنه عالم آسر في حد ذاته. فهل يمكن أن يحدث الشيء نفسه مع المادة المعتمة والطاقة المعتمة؟ يميل العلماء بشكل متزايد إلى ترجيح احتمال ألاّ تكون المادة المعتمة على وجه الخصوص مجرَّد اختلاق لتعليل سبب حركة المادة المرئية، بل هي جانب خفي من الكون يمتلك حياة داخلية غنية. وقد يكون هذا الجانب الخفّي مؤلفا من حديقة حقيقية من جسيمات تتفاعل مع بعضها من خلال قوى جديدة غير مألوفة في الطبيعة – أي عالم كامل حِيك بسكون ضمن نسيج عالمنا.

الجانب المعتم(**)

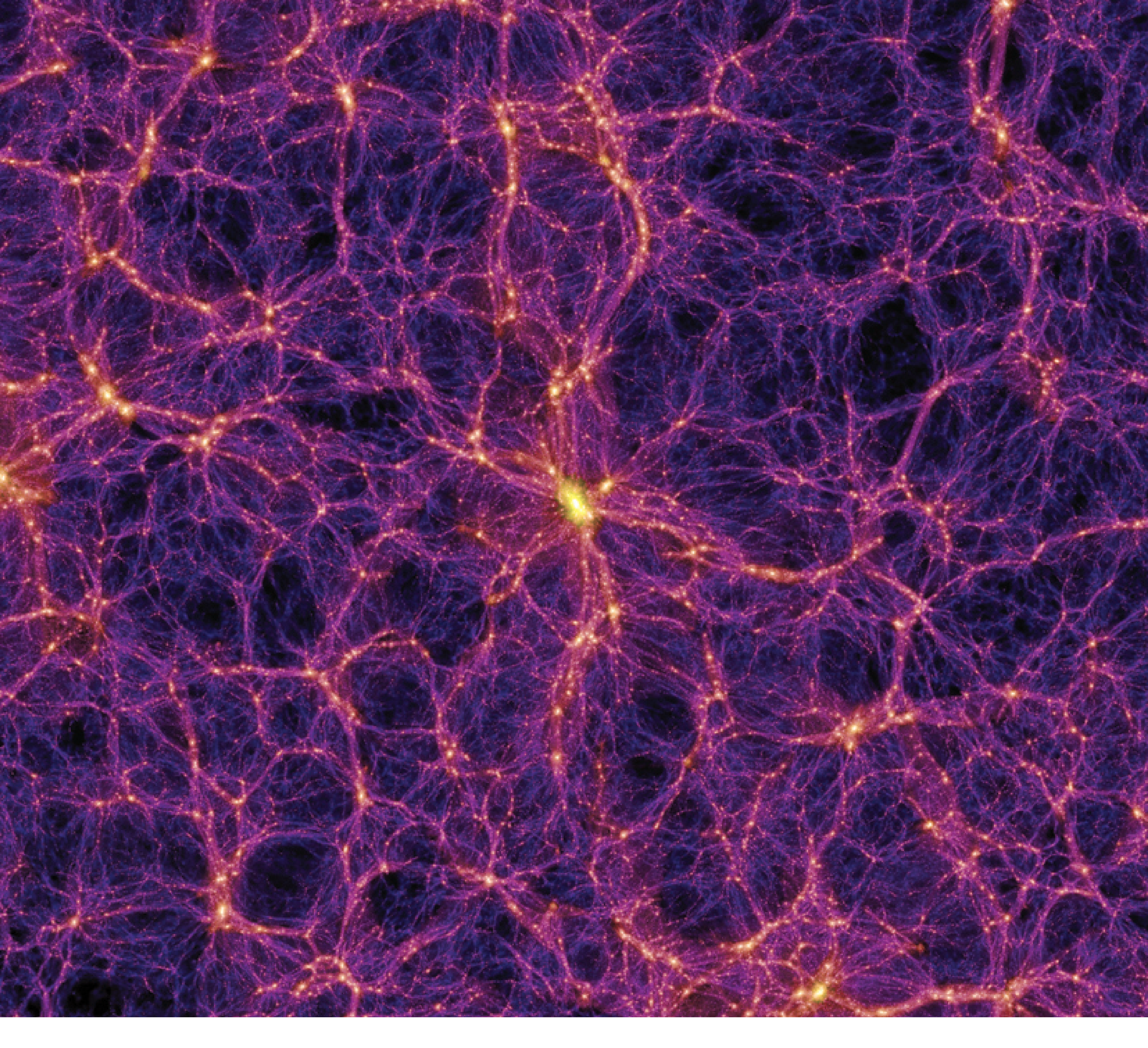
تُعتبر هذه الأفكار تخلّيا عن الافتراض الذي ساد مدة طويلة والذي مفاده أنّ المادة المعتمة والطاقة المعتمة

(*) DARK WORLDS
(**) THE DARK SIDE
(1) gravitational forces
(2) gravitational pull
(3) the anomalous observations
(4) telescope
(5) Neptune
(6) dark matter
(7) particle detectors

باختصار

لدى العلماء سببان مستقلان للتفكير في أنّ الكون يعجّ بنوع ما من مادة مجهولة (المادة المعتمة). وليست النجوم والمجرات والسحب الغازية هي الوحيدة التي تتحرك كما لو كانت خاضعة لثقالة مادة مخفية، بل ثمّة عمليات – مثل النشاط الإشعاعي – تقدِّم أحجيات يمكن حلّها بافتراض وجود جسيمات مجهولة حتى هذه اللحظة. ويُفترض في المادة المعتمة أنها مكوَّنة من ويمپات WIMPs، وهي نوع من الجسيمات لا تتفاعل إلاّ بالكادّ مع العالم المرئي؛ فالشرط الذي لابدّ من وجوده فيها هو الرتابة والخمول.

أو هذا على الأقلّ هو الافتراض السائد. تُرى هل يمكن أن تُوجد للمادة المعتمة في الحقيقة حياة داخلية غنية؟ إنّ فيزيائيي الجسيمات – وهم يسعون بتحرّق إلى فهم مكوِّنات المادة المعتمة – يعتقدون أنها قد تستطيع التفاعل بواسطة مجال واسع من القوى التي تتضمَّن نوعا من الضوء الذي لا تراه أعيننا كليا.

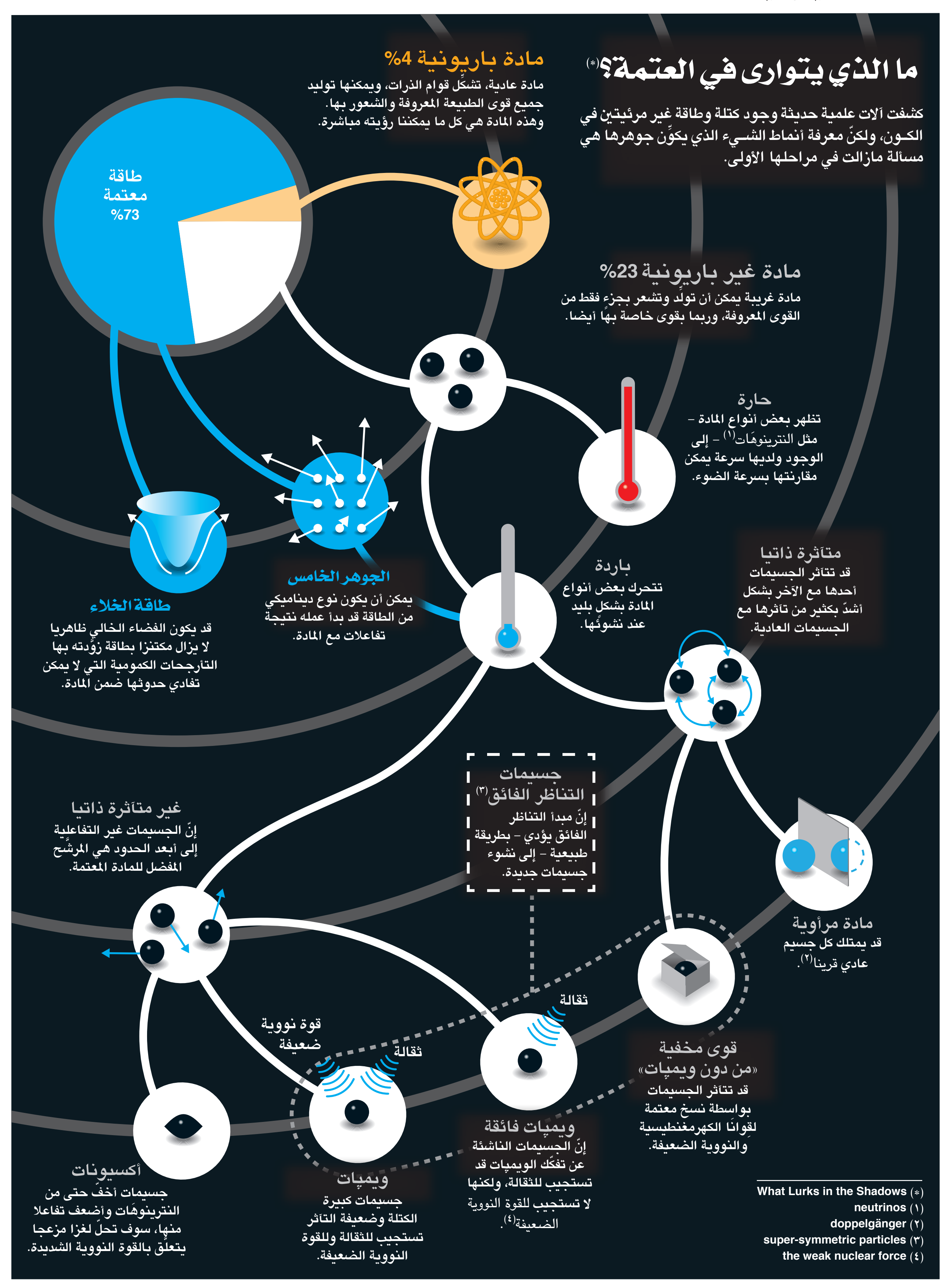


هما أكثر المواد نشــوزا في الكون. ومنذ استنتاج الفلكيين وجود المادة المعتمة أول مرة في ثلاثينات القرن العشــرين ظلّوا يعتبرون **العطالـة**[1] هي خاصيتها التعريفية. وتقترح الأرصاد أنّ كتلتها أكبر من كتلة المادة العادية بست مرات، فالمجرات وعناقيد المجرات مطمورة في كرات عملاقة – أو «**هــالات**»[2] – مــن المادة المعتمة. ويعتقــد الفلكيون أنه كي تتفادى هذه الكتلةُ الضخمةُ من المادة الكشــفَ المباشــرَ، فإنها يجب أن تكون مؤلفة من جســيمات بالكادّ تتفاعل مع المادة العاديــة، أو في الحقيقة مع أية مادة أخرى. فكل ما تفعله هو توفير حمّالة تثاقلية للمادة المنيرة.

تقوم المادة المعتمة من خلال قوة الثقالة بنحت الكون إلى شبكة من المجرات. وفي هذه الأيام يشتبه واضعو النظريات بأنّ هذه المادة قد تمارس فعلها من خلال قوى أخرى أيضا. وتمثل هذه الصورة التي أخذناها من مشروع Millennium Simulation (محاكاة الألفية) عام 2005 منطقةً قطرها نحو 1.6 بليون سنة ضوئية.

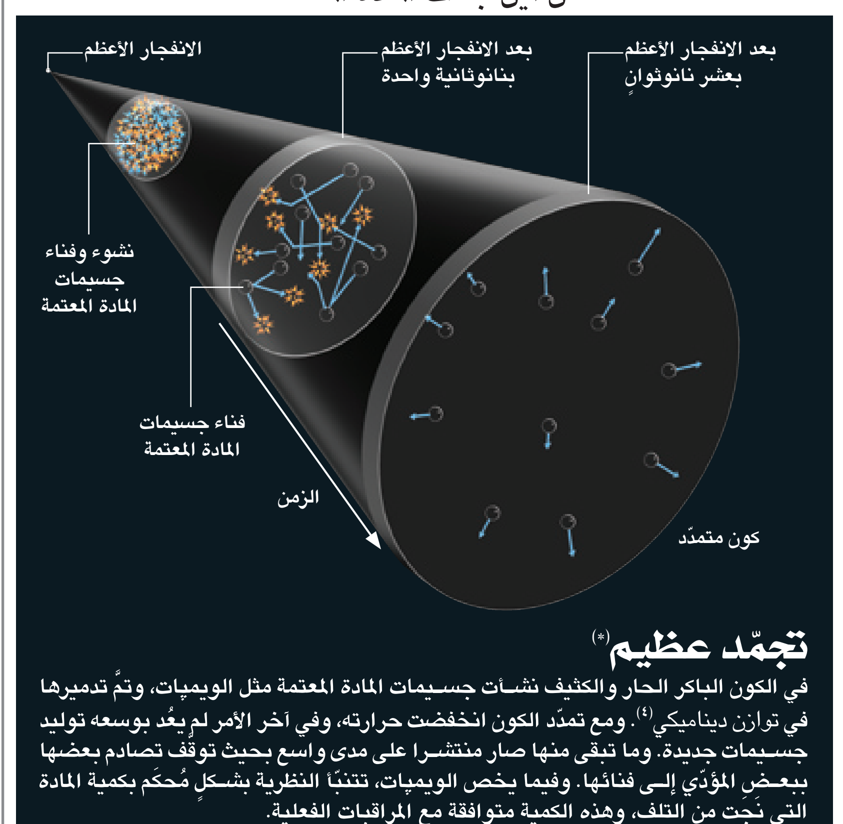
يعتقــد الفلكيون أنّ الهــالات تكوَّنت في وقــت مبكر من تاريخ الكون، ثم سحبت إليها المادة العادية. وبسبب كون هذه المادة قادرة على اتباع مجال واسع من أنماط السلوك، فإنها تحوَّلت إلى بنى معقدة. فــي حين بقيت المادة المعتمة – نظرا لخمولها – على حالتها البدائية. وفيما يخص الطاقة المعتمة،

(١) inertness
(٢) halos



ما الذي يتوارى في العتمة؟(*)
كشفت آلات علمية حديثة وجود كتلة وطاقة غير مرئيتين في الكون، ولكنّ معرفة أنماط الشيء الذي يكوِّن جوهرها هي مسألة مازالت في مراحلها الأولى.
مادة باريونية 4%
مادة عادية، تشكِّل قوام الذرات، ويمكنها توليد جميع قوى الطبيعة المعروفة والشعور بها. وهذه المادة هي كل ما يمكننا رؤيته مباشرة.
طاقة معتمة 73%
مادة غير باريونية 23%
مادة غريبة يمكن أن تولِّد وتشعر بجزء فقط من القوى المعروفة، وربما بقوى خاصة بها أيضا.
حارة
تظهر بعض أنواع المادة - مثل النترينوهَات(١) - إلى الوجود ولديها سرعة يمكن مقارنتها بسرعة الضوء.
باردة
تتحرك بعض أنواع المادة بشكل بليد عند نشوئها.
متآثرة ذاتيا
قد تتآثر الجسيمات أحدها مع الآخر بشكل أشدّ بكثير من تآثرها مع الجسيمات العادية.
الجوهر الخامس
يمكن أن يكون نوع ديناميكي من الطاقة قد بدأ عمله نتيجة تفاعلات مع المادة.
طاقة الخلاء
قد يكون الفضاء الخالي ظاهريا لا يزال مكتنزا بطاقة زوّدته بها التأرجحات الكمومية التي لا يمكن تفادي حدوثها ضمن المادة.
جسيمات التناظر الفائق(٣)
إنّ مبدأ التناظر الفائق يؤدي - بطريقة طبيعية - إلى نشوء جسيمات جديدة.
غير متآثرة ذاتيا
إنّ الجسيمات غير التفاعلية إلى أبعد الحدود هي المرشّح المفضل للمادة المعتمة.
مادة مرآوية
قد يمتلك كل جسيم عادي قرينا(٢).
ثقالة
قوة نووية ضعيفة
ثقالة
قوى مخفية «من دون ويمپات»
قد تتآثر الجسيمات بواسطة نسخ معتمة لقوانا الكهرمغنطيسية والنووية الضعيفة.
ويمپات فائقة
إنّ الجسيمات الناشئة عن تفكّك الويمپات قد تستجيب للثقالة، ولكنها لا تستجيب للقوة النووية الضعيفة(٤).
ويمپات
جسيمات كبيرة الكتلة وضعيفة التآثر تستجيب للثقالة وللقوة النووية الضعيفة.
أكسيونات
جسيمات أخفّ حتى من النترينوهَات وأضعف تفاعلا منها، سوف تحلّ لغزا مزعجا يتعلّق بالقوة النووية الشديدة.
(*) What Lurks in the Shadows
(١) neutrinos
(٢) doppelgänger
(٣) super-symmetric particles
(٤) the weak nuclear force

من أين جاءت المادة المعتمة



تجمّد عظيم(*)

في الكون الباكر الحار والكثيف نشأت جسيمات المادة المعتمة مثل الويمپات، وتمَّ تدميرها في توازن ديناميكي(٤). ومع تمدّد الكون انخفضت حرارته، وفي آخر الأمر لم يعُد بوسعه توليد جسيمات جديدة. وما تبقى منها صار منتشرا على مدى واسع بحيث توقف تصادم بعضها ببعضِ المؤدّي إلى فنائها. وفيما يخص الويمپات، تتنبّأ النظرية بشكلٍ مُحكَم بكمية المادة التي نَجت من التلف، وهذه الكمية متوافقة مع المراقبات الفعلية.

يبدو أنّ دورها الوحيد هو تسريع التمدّد الكوني؛ وتشير الدلائل المتوفّرة إلى أنها بقيت على حالها دون أن تتغير بتاتا طوال عمر الكون.

إنّ توقّع أن تكون المادة المعتمة مليئة بالإثارة أكثر من المعهود بكثير لا يعود الفضل فيه إلى حقل علم الفلك بقدر ما يعود إلى الاستقصاءات التفصيلية في التشكيلات الداخلية للذرات وعالم **الجسيمات دون الذرية**(١). ولدى الفيزيائيين المتخصصين بالجسيمات تقليد متوارث في رصد ومضات لأنماط مجهولة من المادة ضمن سلوك المادة المعروفة، والدلائل التي لديهم مستقلّة بشكل تامّ عن الحركات الكونية.

بدأت سلسلة الأفكار بخصوص المادة المعتمة عند اكتشاف **التفكك الإشعاعي البيتاوي**(٢) في السنوات الباكرة من القرن التاسع عشر. فقد سعى العالم النظري الإيطالي ‹E. فيرمي› إلى تفسير هذه الظاهرة بافتراض وجود قوة جديدة للطبيعة وجسيمات جديدة حاملة لتلك القوة سبَّبت تفكّك النوى الذرية. كانت هذه القوة الجديدة شبيهة بالكهرمغنطيسية، وكانت الجسيمات الجديدة شبيهة بالفوتونات (جسيمات الضوء)، ولكن مع وجود فروق أساسية بين الحالتين. فخلافا للفوتونات ذات الكتلة المنعدمة التي تجعلها تتّسم بحركيّة عالية، كان رأي ‹فيرمي› أنّ الجسيمات الجديدة يجب أن تكون ثقيلةٍ. فالكتلة الكبيرة سوف تحدّ من مداها وتفسِّر لماذا تحطّم القوة الموافقة النوى مع بقائها بالنسبة إلى النواحي الأخرى غير ملحوظة. ولتوليد **عمر النصف**(٣) المرصود للنظائر المشعة، يتعيَّن على الجسيمات أن تكون ثقيلة جدا، إذ يجب أن تكون كتلتها أكبر بنحو 100 مرة من كتلة البروتون، أو نحو 100 **جيگا إلكترون فلط** giga electron volts بالوحدات المعيارية لفيزياء الجسيمات.

في الوقت الراهن تسمى القوة الجديدة بالقوة النووية الضعيفة، أمّا الجسيمات المفترضة الحاملة للقوة فهي جسيمات W و Z التي اكتُشفت في ثمانينات القرن الماضي. وهي ليست المادة المعتمة في حد ذاتها، ولكن خاصيّاتها تعطينا تلميحات بخصوص المادة المعتمة. ومن البديهي أنه يجب ألاّ تكون ثقيلة جدا. فكتلها الكبيرة توحي أنّ هناك شيئا ما يؤثر فيها – أي جسيمات جديدة تجعلها تكتسب الكتلة مثل صديق يشجّعك على الانصياع لإغراء أكل قطعة أخرى من الكعك. إنّ أحد أهداف **المصادم الهادروني الكبير** Large Hadron Collider هو البحث عن تلك الجسيمات التي يجب أن تكون كتلها قريبة من كتل W و Z. وفي الواقع يعتقد العلماء أنّ ثمَّة عشرات من أنماط الجسيمات قد تكون تنتظر اكتشافها: جسيم واحد لكل واحد من الجسيمات المعروفة، حيث يشكِّلان زوجا ضمن ترتيب يسمى **تناظرا فائقا**(٥).

تتضمَّن هذه الجسيماتُ الافتراضية بعضَ الجسيمات التي تُسمّى بشكل جماعي **جسيمات ضخمة (كتليّة) ضعيفة التآثر**(٦) أو **ويمپات**(٧). وسبب إطلاق هذا الاسم هو أنّ تلك الجسيمات لا تتفاعل إلاّ بواسطة القوى النووية الضعيفة. ونظرا لحصانتها من تأثير القوى الكهربائية والمغنطيسية التي تهيمن على عالم الحياة اليومية، فإنها

(*) Big Freeze
(١) subatomic particles
(٢) radioactive beta decay
(٣) half - life
(٤) dynamic equilibrium
(٥) supersymmetry
(٦) weakly interacting massive particles
(٧) WIMPs

غيــر مرئيــة كليا ونادرا مــا يكون لها أيّ أثر مباشـــر في الجســيمات العادية. لذا، فإنها المرشح الملائم تماما لتكون المادة المعتمة الكونية.

ومع ذلك، فإنّ إمكانية تفســيرها بشــكل صحيح للمادة المعتمــة تتوقَّف على مقدار الموجود منها. وهنا بالضبط تكمن جاذبيــة الحجج التــي تقدمها فيزياء الجســيمات. فكما هو الحال في أيّ ســلالة من الجســيمات، كان إنتاج الويمپات ســيتمّ خلال **الانفجار الأعظم**[1] العنيــف. وبالعودة إلى ذلك الحين نجد أنّ تصادمات الجســيمات العاليــة الطاقة قامت بتوليد الويمپات وتدميرها، وهذا ما ســمح لعدد محدَّد منها بأن يظل موجودا في أيّ لحظة معطاة. وهذا العدد كان يتغير بتغيّــر الزمن اســتنادا إلى أثرين متنافســين أحدثهما تمدّدُ الكون. أولهما **تبرّد الحســاء الكوني البدائي**[2] الذي خفَّض كميــة الطاقة المتاحة لتوليد الويمپات، وبالتالي أدّى إلى نقص عددهــا. أمّا الأثر الثاني فكان **تخفيف تركيز**[3] الجســيمات الذي خَفَّض تكرار التصادمات إلى أن توقَّف حدوثها بشــكل فعّــال. وعند ذلك –أي بعد الانفجــار الأعظم بزهاء 10 **نانو ثانيــة**[4]– أصبح عــدد الويمپات ثابتا. ولــم يتبقَّ في الكون مــا يلزم من الطاقة لتوليد ويمپات أو ما يلزم من كثافةِ تركيزِ الكتلة لتحطيمها.

وانطلاقا من الكتلة المتوقّعة للويمپات ومن شدّة تفاعلاتها التي تتحكم في عدد مرات إفناء بعضها بعضا، فإنّ الفيزيائيين يســتطيعون أن يحسبوا بســهولة عدد ما يجب أن يتبقّى من الويمپات. ومن المثير للدهشة أنّ هذا العدد يتماشى مع العدد المطلــوب لإنتاج المادة المعتمة الكونيــة الموجودة حاليا ضمن مجــال الدقة لتقديرات الكتلة وشــدّة التفاعل. وقد أُطلق على هذا التوافق الجدير بالملاحظة اســم **مصادفــة الويمپات**[5]. وهكذا، فإنّ الجسيمات التي عُرفت نتيجة حلّ أحجية طرِحَت قبل قرن في فيزياء الجسيمات، تُفَسِّر الأرصاد الكوسمولوجية تفسيرا جميلا.

إنّ الأدلة التي ســبق ذكرها تشير أيضا إلى أنّ الويمپات خاملة، إذ إنّ إجراء حســاب ســريع يبيّن أنّ نحو بليون من هذه الجســيمات قد اجتاز جســدك منذ بدايــة قراءتك لهذه المقالــة، وما لم تكن محظوظا بدرجة اســتثنائية لم يُحدِث أيٌّ منهــا أيَّ أثر يمكن إدراكه. ويمكنــك أن تتوقّع أنه خلال عام كامل ستتبعثر واحدة فقط من الويمپات عن النوى الذرية في

(*) Varieties of Weaklings
(١) the big bang
(٢) the cooling of the primordial soup
(٣) dilution
(٤) nanosecond: جزء من بليون من الثانية.
(٥) WIMP coincidence

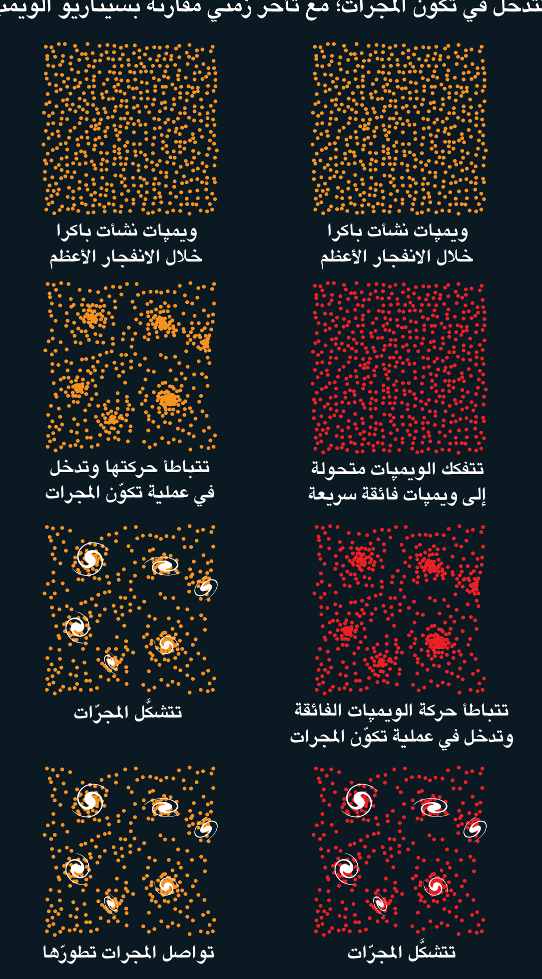
نمط جديد من المادة المعتمة

مجموعات منوَّعة من الكائنات الضعيفة[*]

كانت الويمپات الفائقة هي أول نمط مُقترَح من الجسيمات التي ترفد وتُغني سيناريو الويمپ المعياري المتعلق بالمادة المعتمة. وهذا المصطلح ذو صفة تهكمية مقصودة: فهذه الجسـيمات «فائقة» ليس لأنها أكثر قوة من الويمپات، بـل لأنها أكثر ويمپية منها؛ إذ إنها لا تتآثر مع المادة العادية إلا من خلال قوة الثقالة.

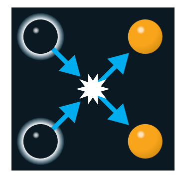
	باريونية	ويمپ	ويمپ فائق
قوة الثقالة	✓	✓	✓
قوة إلكترومغنطيسية	✓		
قوة نووية ضعيفة	✓	✓	
قوة نووية شديدة	✓		
قوى معتمة مُحتمَلة		✓	✓

في سيناريو الويمپ *(العمود الأيسر)*، تدخل الويمپات مباشرة في عملية التكوّن المجرّيّ. وفي سيناريو الويمپ الفائق *(العمود الأيمن)*، تتفكّك الويمپات متحولة إلى ويمپات فائقة هي التي تتدخّل في تكوّن المجرّات؛ مع تأخّر زمني مقارنةً بسيناريو الويمپ.



كيف يمكن رؤية الأشياء غير المرئية[*]

إنّ كل ما يعرفه الفلكيون حتى الآن عن المادة المعتمة أتى من تأثيراتها التثاقلية في المادة التي يمكن رؤيتها. ولكن عليهم كشفها مباشرة إذا كانوا يسعون إلى معرفة ماهيتها. وهذا ليس بالأمر السهل: إذ إنّ المادة المعتمة بالتعريف تتّصف بالمراوغة والتملص. ومع ذلك يقوم آلاف الباحثين بالبحث عنها يحثّهم على ذلك الأملُ باكتشاف ما يُكوِّن رُبع الكون. وقد ركّزوا معظم جهودهم على الويمبات، علما بأنّ استراتيجيات البحث الشائعة الثلاث هي: التفتيش عن **فناء**[1] الجسيمات و**تبعثرها**[2] وتوليدها.



فناء. حين يتلاقى اثنان من الويمبات، يلغي كل منهما الآخر ويخلّفان وراءهما مجموعة من الجسيمات الأخرى كالإلكترونات و**الإلكترونات المضادة**[3] (التي تسمى **پوزيترونات**[4]) و**النترينوَات**[5]. لا يمكن لمثل عملية الإفناء هذه أن تكون شائعة جدا، وإلاّ لما وجدت حاليا أية ويمبات. ولحسن الحظ، فإنّ التجارب الحالية حسّاسة إلى درجة تكفي لملاحظة فناء حتى جزء ضئيل جدا من الويمبات.

تبحث **الكواشف**[6] الموجودة على متن الأقمار الصناعية والمناطيد ذات العلو الشاهق عن الإلكترونات والپوزيترونات. ومن المهام المُجَدْوَلة للمكوك الفضائي في عام 2011 أن يقوم بنقل **مقياس الطيف المغنطيسي ألفا**[7] إلى المحطة الفضائية الدولية حيث سيقبع من أجل البحث عن الپوزيترونات. وثمّة مراصد أخرى - مثل Super - Kamiokande في اليابان و IceCube في القارة المحيطة **بالقطب الجنوبي** (**أنتاركتيكا**)[8] - تقوم بالسعي وراء النترينوَات.



كشف مباشر. لا بد أنّ المادة المعتمة تتدفّق عبر كوكبنا خلال ارتحالها عبر مجرتنا. وفي مناسبات نادرة سيلتقي أحد الويمبات مصادفة بنواة ذرية ويجعلها ترتدّ متراجعة، تماما مثلما تفعل كرة لعبة البلياردو عندما تصدمها الكرة المدفوعة بعصا اللاعب. إنّ طاقات الارتداد المتوقّعة ضئيلة لدرجة يستحيل تقريبا الشعور بها، ولكنها يمكن أن تقع في مجال الكواشف الحسّاسة. وتبطئ **التقانة القَرِّيَّة**[9] الاهتزازات الطبيعية للذرات، فتسهِّل ملاحظة أيّ ارتداد. وتعطينا الطاقةُ المودَعة في الكاشف المفتاحَ الذي يسمح لنا بالتأكّد من الخاصّيات الأساسية للمادة المعتمة بشكلٍ راسخ. وقد ادّعت تجربتان هما DAMA و CoGeNT بأنهما اكتشفتا إشارة (*في الأسفل*)، في حين لم تجد تجارب أخرى - مثل XENON و CDMS - أيّ شيء. وهذه التجارب - إضافة إلى تجارب جديدة أخرى - تقوم بتحسين حساسيتها بسرعة، وتَعِدُ بنتائج مثيرة من هذا الحقل في المستقبل القريب.

توليد. قد يكون بالإمكان توليد المادة المعتمة في **مصادمات الجسيمات**[10]، مثل **المصادم الهادروني الكبير**[11] في سيرن قرب جنيف، حيث تُجرى تجربة عملاقة تتصادم فيها البروتونات معا بطاقات عالية جدا. إنّ توليد مادة معتمة هو العملية العكسية لإفناء مادة معتمة: بمعنى أنه إذا كان بإمكان المادة المعتمة الفناء متحولة إلى جسيمات عادية، فمن الممكن أيضا توليدها بواسطة التصادمات بين جسيمات عادية. وستكون العلامة المميّزة لتوليد مادة معتمة هي رصد تصادمات يبدو فيها أنّ الطاقة و**الاندفاع**[12] قد فُقدا، فهذا يشير إلى أنّ بعض **الجسيمات غير التفاعلية**[13] تولّدت ثم تفادت الكاشف دون أن يسجِّل وجودها. إنّ هذه التجارب العملاقة التي صُمِّمت لكشف النقاب عن أسرار **العالَم دون الذري**[14] قد تُختَتَم باكتشاف النمط المهيمن للمادة في الكون.

تجارب تزعم أنها اكتشفت جسيمات مادة معتمة[**]

التجربة	CDMS	DAMA	CoGENT	PAMELA
ماذا تعني الأحرف المكوِّنة لاسم التجربة	البحث عن المادة المعتمة القَرِّيَّة	مادة معتمة	تقانة نترينو الجرمانيوم المترابط	الحمولة الصافية لاستكشاف مادة **المادة المضادة** antimatter والفيزياء الفلكية للنوى الخفيفة
مكان إجرائها	منجم سودان Soudan في مينسوتا	مختبر Gran Sasso الموجود تحت الأرض في إيطاليا	منجم سودان Soudan	مُلحقَة بقمر صناعي روسي
ما الذي رآته	حادثتان ارتداديتان	تغيّر سنوي في عدد الحوادث الارتدادية	حوادث ارتدادية	زيادة في اليوزيترونات
لماذا يُحتمَل أن تكون الإشارة حقيقية	إشارة مباشرة متوقَّعة للمادة المعتمة	ذات قيمة من الناحية الإحصائية	حسّاسة لارتدادات الطاقة الفائقة الانخفاض	إشارة مباشرة متوقَّعة لفناء المادة المعتمة
لماذا يُحتمَل ألاّ تكون حقيقية	غير ذات قيمة من الناحية الإحصائية	مُستبعَدة على ما يبدو استنادا إلى نتائج أخرى	من المكن أن تكون حوادث نووية طبيعية هي المسؤولة عنها	يمكن تفسيرها بمصادر فيزيائية فلكية
ما هي التجارب التي ستعقبها	SuperCDMS, XENON	XENON, MAJORANA Demonstrator	XENON, MAJORANA Demonstrator	مقياس الطيف المغنطيسي ألفا

(*) How to See the Unseeable
(**) Experiments That Claim to Have Detected Dark Matter Particles
(1) annihilation
(2) scattering
(3) antielectrons
(4) positrons
(5) neutrinos
(6) detectors
(7) the Alpha Magnetic Spectrometer
(8) Antarctica
(9) cryogenic technology
(10) particle colliders
(11) the Large Hadron Collider
(12) momentum أو العزم.
(13) unreactive particles
(14) the subatomic world

رصاصة فضية[*]

يُعتبَر التجمّع الشهير المدعو **عنقود رصاصي**[1] ضمن أكثر الدلائل إقناعا للفلكيين على وجود مادة معتمة. وهو في واقع الأمر زوجٌ من العناقيد المجرّية اصطدم أحدهما بالآخر. ولم يؤثر هذا الاصطدام في نجوم المجرات (*الصورة المرئية*) لأنها تمثّل أهدافا صغيرة في هذه المقاييس، ولكنّ السُّحُب الغازية بين النجمية دكّت بعضها بعضا مصدرةً أشعة سينية (*اللون القرنفلي*). وقد كشفت المادة المعتمة (*اللون الأزرق*) عن وجودها عندما شوّهت ثقالتُها ضوءَ الأجسام الموجودة في الخلفية. وظلت هذه المادة على تراصفها مع النجوم؛ وهذا يشير إلى أنه مهما كانت الجسيمات التي تُكوِّنها فإنها غير تفاعلية إلى حدّ بعيد.



خلاياك، وتودع فيها كمية ضئيلة من الطاقة. وكي يكون لدى الفيزيائيين أيُّ أمل بكشف مثل هذه الأحداث، فإنهم يضعون **كواشف الجسيمات**[2] لمراقبة حجوم كبيرة من السوائل أو الموادّ الأخرى لمدد طويلة. وكذلك يبحث الفلكيون أيضا عن دفقات من الإشعاع في المجرة تدلّ على الحوادث النادرة لتصادم وفناء الويمپات الجوّالة. وهناك طريقة ثالثة للعثور على ويمپات، تتلخّص في محاولة **اصطناعها**[3] بواسطة التجارب الأرضية [*انظر المؤطر في الصفحة 45*].

ويمپية تتجاوز الويمپات[**]

قد تترك الجهود الاستثنائية المبذولة حاليا للبحث عن الويمپات انطباعا بأنّ هذه الجسيمات هي المرشّح الوحيد المقبول نظريا ليكوِّن المادة المعتمة. تُرى هل هي فعلا كذلك؟ في الواقع إنّ التطورات الحديثة في فيزياء الجسيمات أماطت اللثام عن احتمالات أخرى، وألمحت إلى أنّ الويمپ ليس سوى قمة جبل الجليد. فقد تكون مختبئة تحت السطح عوالمُ مخفية كاملة بجسيماتها المادية وقواها الخاصة بها.

أحد هذه التطورات أسفر عن مفهوم لجسيمات تتّسم بكونها أكثر **ويمپية**[4] من الويمپات. وتقترح النظرية هنا أنّ الويمپات التي تكوَّنت في أول نانوثانية من تاريخ الكون ربما كانت **غير مستقرة**[5]. وبعد مدة تتراوح بين عدة ثوان إلى أيام، من الممكن أن تكون قد تفكّكت متحولة إلى جسيمات لها كتلة مقاربة للأولى، لكنها لا تتأثر بواسطة القوة النووية الضعيفة؛ فالثقالة هي كل ما يربطها ببقية العالم الطبيعي. وقد سماها الفيزيائيون – على سبيل الدعابة – **ويمپات فائقة**[6].

الفكرة هي أنّ هذه الجسيمات – لا الويمپات – هي التي تؤلف المادة المعتمة للكون الحالي. وهذه الجسيمات سوف تتملّص من كشفها بالرصد المباشر، بيد أنه يمكن استخلاص وجودها من البصمات التي تشي بها نتيجة تأثيرها في أشكال المجرات. فلا بد أنّ الويمپات الفائقة كانت عند نشوئها تتحرك بسرعة تمثل نسبة عالية من سرعة الضوء، وأنها استغرقت وقتا قبل بلوغها مرحلة الهدوء، ولم يكن بمقدور المجرات أن تبدأ بالتشكّل قبل هدوء تلك الجسيمات. هذا التأخر كان سيترك وقتا أقلّ للمادة كي تتراكم في مراكز المجرات قبل أن يرقّقها التمدّد الكوني. لذا، فإنّ كثافة مركز هالات المادة المعتمة يجب أن تكشف النقاب عمّا إذا كانت تلك الهالات مكوَّنة من ويمپات أو ويمپات فائقة؛ ويقوم الفلكيون الآن بدراسة هذه المسألة. إضافة إلى ذلك، فإنّ تفكك الويمپ ليتحول إلى ويمپ فائق لا بد أن يكون قد ولّد فوتونات أو إلكترونات كمنتجات ثانوية لهذا التفكك، ومن الممكن أن تصطدم هذه الجسيمات بعنف بنوى خفيفة وتحطمها إلى أجزاء. وثمّة بعض الدلائل على أنّ الكون يحتوي من الليثيوم أقلّ مما هو متوقّع، وفرضية الويمپات الفائقة تمثّل إحدى الطرائق لتفسير هذا التناقض.

إنّ سيناريو الويمپات الفائقة هو أيضا مصدر إلهام لإمكانات جديدة بالنسبة إلى ما قد يرصده الفيزيائيون التجريبيون. فمثلا ليس من الضروري أن يكون الويمپ الأصلي لا معتما ولا موسوما بميّزات الويمپ الحالي؛ بل كان بإمكانه أن يمتلك شحنة كهربائية. وأيّ شحنة كان يمتلكها لم تكن لتؤثّر في تطوّر الكون، لأنّ الجسيم تفكّك بسرعة عالية. بيد أنّ ذلك سيعني أنّ الويمپات ستكون جدّ واضحة إذا استطاع التجريبيون إعادة توليدها. وفي تلك الحالة سوف تظهر بالنسبة إلى كواشف الجسيمات كما لو كانت إلكترونات

(*) Silver Bullet
(**) Out - Wimping the Wimps
(1) Bullet Cluster
(2) particle detectors
(3) synthesize
(4) wimpy
(5) unstable
(6) super-WIMPs

المؤلفان



Jonathan Feng

‹فينگ› فيزيائي نظري يعمل في المجال الذي يمثّل تقاطع فيزياء الجسيمات والكوسمولوجيا، مركزا على المادة المعتمة. وهو حاليا أستاذ الفيزياء وعلم الفلك في جامعة كاليفورنيا.



Mark Trodden

*يدرس ‹ترودن› فيزياء الجسيمات والكوسمولوجيا، وهو مدير مشارك **لمركز كوسمولوجيا الجسيمات**(1) في جامعة بنسلڤانيا، ومؤلّف منتدى الإنترنت المدعو Cosmic Variance الذي يَشغل مركزا متقدما بين منتديات الفيزياء.*

قد تناولت منشِّطات من المواد **الستيروئيدية**(2): إذ ستكون لها شحنة الإلكترون نفسه، ولكن كتلتها أكبر بـ000 100 مرة، ومثل هذه الجسيمات ستنطلق باندفاع هائل عبر الكواشف مخلِّفة علامات مثيرة للدهشة في مسارها.

قوى معتمة، عوالم مخفية(*)

الدرس الأساسي الذي نتعلمه من نماذج الويمپات الفائقة هو أنه ما من سبب - سواء أكان نظريا أم آتيا من المراقبات - يجعلنا نحكم بأنّ المادة المعتمة يجب أن تكون مملّة وخاملة كما يميل الفلكيون إلى افتراضها. وبمجرَّد إقرارنا باحتمال وجود جسيمات مخفية ذات خاصّيات تتجاوز سيناريو الويمپ المعياري، يكون من الطبيعي أن نأخذ بعين الاعتبار المجال الكامل لمثل هذه الاحتمالات، فنتساءل هل بالإمكان أنه هناك قطاع كامل مكوَّن من جسيمات مخفية؟ وهل بالإمكان أنه هناك عالَم مخفي يمثّل نسخة مطابقة لعالمنا تحوي نسخا مخفية للإلكترونات والپروتونات التي تتّحد معا لتكوّن ذرات وجزيئات مخفية تتجمَّع لتؤلف كواكبَ مخفية ونجوما مخفية وحتى أشخاصا مخفيِّين؟

لقد أُخضع موضوع إمكانية وجود عالَم مخفي مطابق لعالمنا للدراسة بشكل مطوَّل، وكانت البداية عام 1956 في ملاحظة عارضة وردت ضمن بحث حصل على جائزة نوبل قدَّمه ‹T. D. لي› و‹N. Ch. يانگ›، ولَحق بهما حديثا كثيرون آخرون منهم ‹R. فوت› و ‹R. ڤولكاس› [من جامعة ملبورن في أستراليا]. إنّ هذه الفكرة مغوية حقا: فهل من الممكن أنّ ما نراه كمادة معتمة هو في الحقيقة دليل على عالم مخفي يعكس صورة عالمنا؟ وهل هناك فيزيائيون وفلكيون مخفيون يمعنون النظر في هذه اللحظة عبر مقاريبهم ويتساءلون عن طبيعة مادتهم المعتمة، بينما مادتهم المعتمة هي في واقع الأمر نحن؟

لسوء الحظ، تشير المراقبات الأساسية إلى أنّ العوالم المخفية لا يمكن أن تكون نسخة دقيقة عن عالمنا المرئي. أحد الأسباب لذلك هو أنّ وفرة المادة المعتمة تفوق بست مرات المادة العادية. والسبب الثاني هو أنه لو كانت المادة المعتمة تسلك سلوك المادة العادية، لكانت الهالات قد تسطَّحت لتشكِّل أقراصا شبيهة بقرص **درب التبانة**(3)؛ ولَنَجَمَت عن ذلك نتائج تثاقلية درامية لم تتمّ ملاحظتها. وأخيرا، فإنّ وجود جسيمات مخفية مطابقة لجسيماتنا كان سيؤثر في التمدّد الكوني مغيِّرا اصطناع الهدروجين والهليوم في بواكير الكون؛ بينما **القياسات التركيبية**(4) تستبعد هذا الأمر. وهكذا، نجد أنّ هذه الاعتبارات تفنّد بقوة احتمال وجود أناس مخفيين.

بعد هذا، يمكننا القول إنّ العالم المعتم قد يكون حقا شبكة معقدة من الجسيمات والقوى. وفي أحد مناحي الأبحاث وجد باحثون عدة - من ضمنهم أحدنا (‹فينگ›) و ‹J. كومار› [من جامعة هاواي في مانوا] - أنّ نفس **الهيكل التناظري الفائق**(5) الذي يقودنا إلى الويمپات، يسمح بسيناريوهات بديلة لا تتضمَّن الويمپات، بل فيها أنماط عديدة أخرى من الجسيمات. أضف إلى ذلك أنّ هذه الجسيمات - في كثير من هذه النظريات عديمة الويمپات - يتأثر أحدها مع الآخر من خلال قوى معتمة افتُرضت حديثا. وقد وجدنا أنّ مثل هذه القوى سوف يغيّر معدّلَ توليد وإفناء الجسيمات في بواكير الكون، ولكن من جديد تتوازن الأرقام بحيث يبقى في النهاية العدد الصحيح من الجسيمات اللازم لتشكيل المادة المعتمة. وهذه النماذج تتنبأ بأنه من الممكن أن ترافقَ المادةَ المعتمة قوةٌ نووية ضعيفة مخفية، أو حتى أمر أكثر إثارة هو نمط مستتر من الكهرمغنطيسية، وهذا يقتضي أنّ المادة المعتمة يمكن أن تصدر وتعكس ضوءا مخفيا.

بالطبع هذا «الضوء» غير مرئي بالنسبة إلينا، وهكذا تبقى المادة المعتمة معتمة بالنسبة إلى عيوننا. ومع ذلك يمكن أن يكون لدى القوى الجديدة آثارٌ جدّ بليغة. فمثلا يمكنها جعل سُحُب الجسيمات المعتمة مشوَّهة عند مرور بعضها عبر بعض. وقد بحث الفلكيون عن هذا الأثر في التجمّع الشهير المدعو **عنقود رصاصي**(6) والذي يتكوَّن من حشدين عنقوديين من المجرّات مرَّ كلّ منهما عبر الآخر. وتبيّن الأرصاد أنّ الامتزاج المشترك القصير الأمد لهذين الحشدين ترك المادة المعتمة دون اضطراب إلى حدٍّ بعيد، وهذا يشير إلى أنه من غير الممكن لأيّ قوى معتمة أن تكون قوية جدا. ويواصل الباحثون النظر والتفتيش في منظومات أخرى.

سوف تسمح مثل تلك القوى للجسيمات المعتمة أيضا بأن تتبادل فيما بينها الطاقة **والاندفاع**(7)، وهذه عملية تميل

(*) DARK FORCES, HIDDEN WORLDS
(1) the Center for Particle Cosmology
(2) steroids
(3) the Milky Way
(4) compositional measurements
(5) supersymmetric framework
(6) Bullet Cluster
(7) momentum أو العزم.

إلى جعلها متجانسة وإلى جعل الهالات ذات الأشكال البدئية المنحرفة كروية الشكل. إنّ عملية المجانسة يجب أن تكون أكثر وضوحا في المجرّات الصغيرة (التي تسمّى أيضا **مجرّات قزمة**[1]) حيث تكون المادة المعتمة بطيئة الحركة، وحيث تتسكّع الجسيمات بعضها قرب بعض، ويتوفّر الوقت للتأثيرات الضئيلة كي تنمو وتتعاظم. وإذا أظهرت مراقبات الأرصاد بشكل منهجي ثابت أنّ للمجرّات الصغيرة أشكالا أكثر استدارة من قريباتها ذات الحجم الأكبر، فإنّ هذا الاكتشاف سوف يُعَدُّ إشارةً إلى أنّ المادة المعتمة تتآثر من خلال قوى جديدة. ولم يبدأ الفلكيون بإجراء الدراسات الضرورية لهذا الموضوع إلاّ منذ فترة قريبة جدا.

من شيء معتم إلى آخر[*]

أحد الإمكانات الذي لا يقل إثارة للاهتمام عن سابقاته هو أنّ المادة المعتمة تتفاعل مع الطاقة المعتمة. فمعظم النظريات السائدة حاليا تتعامل مع هاتين الكينونتين على أنّ إحداهما منفصلة عن الأخرى، ولكن لا وجود لسبب حقيقي يفرض عليهما أن تكونا كذلك، لذا يدرس الفيزيائيون الآن مسألة الكيفية التي يمكن أن تؤثر بها المادة المعتمة والطاقة المعتمة إحداهما في الأخرى. وهناك أملٌ بأنّ **الاقتران**[2] بين الأمرين السابقين يمكن أن يسهم في حلّ بعض المعضلات الكوسمولوجية، مثل **مسألة المصادفة**[3]: وهي المسألة التي تبحث في سبب كون كثافة كلٍّ منهما قريبة من كثافة الأخرى. فالطاقة المعتمة أكثف من المادة المعتمة بثلاث مرات تقريبا، ولكن النسبة بينهما كان يمكن أن تساوي ألف أو مليون. فهذه المصادفة سوف تصبح منطقية إذا كانت المادة المعتمة هي التي أثارت بطريقة ما انبعاث الطاقة المعتمة.

يمكن أيضا أن يسمح الاقتران بالطاقة المعتمة لجسيمات المادة المعتمة بالتفاعل بعضها مع بعض بطرائق لا تسلكها الجسيمات العادية. وتسمح النماذج الحديثة للطاقة المعتمة - بل تفرض عليها أحيانا- بأن تخضع المادة المعتمة إلى قوّة مختلفة عمّا تفعله في المادة العادية. وبتأثير هذه القوة سوف تميل المادة المعتمة إلى الابتعاد عن أيّ مادة عادية كانت متشابكة معها. وفي عام 2006، اقترح <M. كاميونكفسكي> [من معهد كاليفورنيا للتقانة (CIT)] و <M. كيسدن> [وكان حينئذ في المعهد الكندي للفيزياء الفلكية النظرية في تورونتو] البحثَ عن هذا الأثر في المجرّات القزمة التي تمزّقها المجرّات المجاورة الأكبر منها حجما. وعلى سبيل المثال، يجري تمزيق المجرّة القزمة المدعوة **برج القوس**[4] من قبل مجرّة درب التبانة، ويظنّ الفلكيون أنّ مادتها المعتمة ومادتها العادية تنسكبان ضمن مجرتنا. ووفقا لحسابات <كاميونكفسكي> و<كيسدن> فإنه لو كانت القوى المؤثِّرة في المادة المعتمة أشدّ أو أضعف بنسبة أربعة في المئة على الأقلّ من القوى المؤثِّرة في المادة العادية، لترتَّب على هاتين المادتين أن تنفصل إحداهما عن الأخرى بمقدار قابل للملاحظة. بيد أنّ البيانات المتوفِّرة حاليا لم تبيّن أيَّ شيء من هذا القبيل.

ثمّة فكرة أخرى تذهب إلى أنّ وجود صلة بين المادة المعتمة والطاقة المعتمة سوف يغيّر تعاظم البنى الكونية الذي يتوقّف بدقة على تركيب الكون بما في ذلك جانبه المعتم. وحديثا قام عدد من الباحثين - من ضمنهم واحد منا (<ترودن>) ومعاونوه <R. بين> و <E. فلاناگن> و <I. لازلو> [من جامعة كورنل] - باستعمال هذا القيد القوي لاستبعاد صنف واسع من النماذج.

وعلى الرغم من هذه النتائج السلبية، فإنّ القضية النظرية المتبنّية للرأي القائل بوجود عالم معتم معقّد تفرض نفسها الآن إلى درجة أنّ كثيرا من الباحثين سيجدونه أمرا مفاجئا لو تبيَّن أنّ المادة المعتمة ليست سوى حشد غير متمايز من الويمپات. وبعد هذا كله، فإن المادة المرئية تتضمَّن طيفا غنيا من الجسيمات ذات تفاعلات متعددة تتحدَّد بواسطة مبادئ تناظرية أصلية جميلة، ولا شيء يوحي أنه يتعيَّن على المادة المعتمة والطاقة المعتمة أن تكونا مختلفتين. وقد لا نواجه أشخاصا أو كواكبَ أو نجوما معتمة، بيد أنه مثلما يصعب علينا تصوّر المنظومة الشمسية من دون نپتون وپلوتو وحشد الأجرام السماوية الأخرى التي تقع حتى أبعد منهما، فإنه قد نعجز أيضا في يوم من الأيام عن تصوّر كونٍ خالٍ من عالَم معتم فاتن معقّد. ■

(*) FROM ONE DARK THING TO ANOTHER
(1) dwarf galaxies
(2) couplings
(3) the coincidence problem
(4) Sagittarius

مراجع للاستزادة

Einstein's Telescope: The Hunt for Dark Matter and Dark Energy in the Universe. Evalyn Gates. W. W. Norton, 2009.
Approaches to Understanding Cosmic Acceleration. Alessandra Silvestri and Mark Trodden in *Reports on Progress in Physics*, Vol. 72, No. 9, Paper No. 096901; September 2009. **arxiv.org/abs/0904. 0024**
Modern Cosmology and the Building Blocks of the Universe. Mark Trodden. Penn Alumni Weekend Lecture, May 15, 2010. **www.sas.upenn.edu/home/news/troddenandabbate/trodden.html**
What's the Matter? The Search for Clues in Our Cold, Dark Universe. Jonathan Feng. Pagels Memorial Public Lecture, July 14, 2010. **vod.grassrootstv.org/vodcontent/9251-1.wmv**
Dark Matter Candidates from Particle Physics and Methods of Detection. Jonathan L. Feng in *Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics*, Vol. 48, pages 495-545; August 2010. **arxiv.org/abs/1003.0904**

Scientific American, **November 2010**

تتمة الصفحة 31 (تصوير اللامرئي فوتوغرافيا بأربعة أبعاد)

الإلكترونات أو تُفسد التصوير (والعيِّنةَ نفسها!) كما تفعل البلوراتُ الجليديةُ الاعتيادية. وبهذه الطريقة حصلنا على صُوَر لخلايا بكتيرية وبلورات بروتينية. ونأمُل بأن نتمكن في المستقبل من رصد بروتينات مبثوثة في مثل هذا الماء الزجاجي مطويَّة (منثنية) ومنشورة: إذ تعمل نبضة توقيت على رفع درجة الحرارة بقدر يكفي لصهر قُطَيْرة دقيقة من الماء المحيط بالبروتين، الذي ما أن ينتشر حتى ينثني مطويّا من جديد. وعندما يبرد الماءُ ويتجمَّد ثانية، فإنه يجعل الجُزَيْءَ مهيَّأ لنبضة توقيت أخرى. وهذا الأسلوبُ ذاتُه قد يتيح لنا معاينةَ الخصائص الدينامية **للسِّياط**[1] flagella **وللطبقات الثنائية ذوات الأحماض الدهنية** the fatty acid bilayers، التي تؤلف أغشيةَ الخلايا. ولا شك في أن تقنيةَ طيفيّات فقدان طاقة الإلكترونات، شأنَ دراساتنا المتعلقة بالگرافيت، ستتيح لنا اكتشافَ ما يطرأ من تغيُّرات في الروابط، مع العلم بأن تلقُّفَ الصورة قبل تحرُّك المنظومة الحيوية أو تفكُّكها حريّ بأن يعطي صورا أكثر وضوحا مما هو متاح حاليّا في الدراسات **الميكروسكوپية القرِّيَّة** cryomicroscopy.

وثمة أشكال أخرى لمبحث الميكروسكوپيات الإلكترونية الفائقة السرعة، يمكن أن تندرج تحت المقياس النانوي في الدراسات المتَّصلة بعلم التحريك البنيوي، وتحت رتبة الفمتوثانية في تصوير توزُّع الإلكترونات في المادة. فقد قام أعضاءُ فريقي العامل في معهد كاليفورنيا للتقانة Caltech، إلى عهد قريب جدا، بعرض تقنيَّتَيْن جديدتَيْن: أولاهما، وهي **ميكروسكوپية إلكترونية فائقة السرعة لحزمة أشعة متقاربة** convergent-beam UEM، يقتصر فيها سَبْرُ النبضة الإلكترونية على موضع نانوسكوپيّ وحيد في عيِّنة؛ وثانيتهما، وهي **ميكروسكوپية إلكترونية فائقة السرعة لحقل قريب** near-field UEM، تمكِّنُ من تصوير الموجاتِ الكهرمغنطيسية المتلاشية («**البلازمونات**» plasmons) المتولِّدة ضمن البنى النانوسكوپية بفعل نبضة ليزرية مركَّزة – وهي ظاهرة تؤسِّس لتقانة جديدة مثيرة تُعرَف باسم **البلازمونيات** plasmonics [انظر: «*البلازمونيات ميدان علمي واحد*»، **العلوم**، العددان 10/9 (2007)، ص 70]. وقد أثمرت هذه التقنيةُ صُوَرا لأغشية خلايا بكتيرية وحويصلات پروتينية بدرجة مَيْز من رتبة الفمتوثانية والنانومتر.

وفي السنوات القريبة الماضية، أتاح <F. كراوس> [من جامعة لودڤيگ ماكسيميليان في ميونيخ] و<P. كوركوم> [من جامعة أوتاوا] وآخرون نظامَ الآتوثانية للدراسات البصرية (المعتمدة على الضوء) باستعمال نبضات ليزرية بالغة القِصَر. وبدورنا اقترحنا – في معهد كاليفورنيا للتقانة – برامج عدةً في مبحث الميكروسكوپيات الإلكترونية الفائقة السرعة، للتصوير المعتمد على الإلكترونات من رتبة الآتوثانية، ونحن حاليّا بصدد متابعة التحقيق التجريبي للمقترحات، بالتعاون مع <H. باتيلان> [من جامعة نبراسكا – لينكولن].

يشار أخيرا إلى أن الميكروسكوپ الإلكترونيَّ استثنائيُّ القوة، متعدِّدُ جوانب الاستعمال، قادر على العمل في ثلاثة مجالات منفصلة هي: الصُّوَر بالحيِّز الحقيقي، وأنماط الانعراج، وأطياف الطاقة. ويُستعمَل في تطبيقات كثيرة تمتد من علم المواد وعلم المعادن، إلى التقانة النانوية وعلم الحياة، إضافة إلى أنه يجلو البنى السكونيةَ بتفصيل مسهَب. وواقع الأمر أننا، بإدخالنا البُعدَ الرابع في الحساب، نحوِّل الصُّوَرَ الساكنةَ إلى أفلام نحتاج إليها في رصد سلوك المادة – من الذرّات إلى الخلايا – وهي تتكشَّف لنا مع مرور الزمن. ■

(1) جمع flagellum (سَوْط): عُضَيَّات حركية في بعض الخلايا، شبيهة بالسَّوط، تستعين بها السوطياتُ على الحركة. (التحرير)

مراجع للاستزادة

A Revolution in Electron Microscopy. John M. Thomas in *Angewandte Chemie International Edition*, Vol. 44, No. 35, pages 5563–5566; September 5, 2005.

Microscopy: Photons and Electrons Team Up. F. Javier García de Abajo in *Nature*, Vol. 462, page 861; December 17, 2009.

Four-Dimensional Electron Microscopy. Ahmed H. Zewail in *Science*, Vol. 328, pages 187–193; April 9, 2010.

Biological Imaging with 4D Ultrafast Electron Microscopy. David J. Flannigan, Brett Barwick and Ahmed H. Zewail in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 107, No. 22, pages 9933–9937; June 1, 2010.

4D Electron Microscopy: Imaging in Space and Time. Ahmed H. Zewail and John M. Thomas. Imperial College Press, 2010.

Scientific American, August 2010

كيف نبني شبكة الكهرباء الفائقة(*)

تحتاج الولايات المتحدة إلى منظومة جديدة لتوزيع طاقة كهربائية أنظف وأكثر وثوقية في جميع أنحاء البلاد، ويمكن تذليل عقبات إنشائها بأربع خطوات.

<M. والد>

تُعدُّ شبكة نقل الطاقة الكهربائية، التي توزِّع الكهرباء انطلاقا من محطات التوليد، جزءا جوهريا من البنية التحتية للولايات المتحدة. وهي شبكة جيدة من حيث إخفائها لعيوبها. فالناس يستطيعون رؤية الأبراج والأسلاك ممتدة في كل مكان، ويستطيعون رؤية محطات الكهرباء الفرعية المحلية التي تُخفِّض **القلطية**[1] **(التوتر)** ليصبح من الممكن توزيع الكهرباء على المنازل ومرافق الأعمال. ولكن تلك الشبكة لا تُبدي اختناقات كتلك التي تحدث في الطرق الرئيسية، أو فيضانات كتلك التي تحصل لدى انفجار أنبوب ماء رئيسي. ومع ذلك، فهي تحتاج إلى عملية تحديث كبرى. وإذا كانت الولايات المتحدة تريد الانتقال من الوقود الأحفوري القذر إلى الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح النظيفتين المتجددتين، أو حتى إلى الطاقة النووية، تعيَّن عليها توسيع منظومة النقل الكهربائي توسيعا هائلا كي تصل إلى الصحاري النائية والسهول العالية حيث تكون الشمس أشد سطوعا والرياح أكبر سرعة. يُضاف إلى ذلك أنه إذا كانت الولايات المتحدة ترغب في حماية نفسها من انقطاع الكهرباء الواسع النطاق والذي يكلف عشرات بلايين الدولارات أو أكثر سنويا، فإنه لا مناص من تحديث الشبكة أيضا.

فكيف نبني هذه الشبكة الفائقة؟ بعد سنين من الجدل، يوافق معظم المهندسين على أنه يتعين إضافة شريحة حديثة إلى المنظومة القديمة العشوائية المُجهَدة، لتكوين شبكة فقارية أكبر سعة باستعمال قلطيات أعلى، وإيصالها إلى المواقع التي هي أكثر بعدا. وقد خصَّصت إدارة الرئيس <باراك أوباما> ضمن موازنة التحفيز لعام 2009 قرضا قدره 6.5 بليون دولار للهيئات الاتحادية لبناء خطوط نقل الطاقة، وضمانات قروض بـ 2 بليون دولار للشركات الخاصة. أي إن المال متوفر للبدء بالعمل، ولكن بناء الشبكة الفائقة يتطلب عدة خطوات تقنية كبرى، إضافة إلى خطوة سياسية واحدة.

بناء الشبكة(**)

الخطوة الأولى هي ببساطة إنشاء مزيد من خطوط نقل الطاقة، وعلى وجه الخصوص تمديدها من المواقع المحتملة لتوليد الطاقة المتجددة إلى المدن المتوسعة التي تستمد الطاقة حاليا من محطات التوليد بالفحم الحجري. ويمكن للخطوط الجديدة أيضا أن تساعد المنتجين المحليين للكهرباء على بيع الطاقة الفائضة لديهم إلى أولئك البعيدين عنهم.

إن الإنشاءات الواسعة النطاق في الولايات المتحدة متأخرة كثيرا. في الشهر 2009/10 قال <باراك أوباما>، بوصفه كبير آمري الصرف في البلاد، عن منظومة الطرق الحالية: « تخيَّلوا ما كانت عليه منظومة الطرق في هذا البلد في عشرينات وثلاثينات القرن العشرين قبل بناء منظومة طرق ما بين الولايات. لقد كانت متاهة متشابكة من الطرق

(*) HOW TO BUILD THE SUPERGRID
(**) Build, Baby, Build
(1) voltage أو : جهد

باختصار

يمكن لمنظومة حديثة لنقل الطاقة في الولايات المتحدة أن تجعل الكهرباء رخيصة، وأن تُقلِّل انقطاعات الكهرباء، وأن توصل طاقة الشمس والرياح إلى المدن البعيدة.

ويمكن إقامة هذه الشبكة الفائقة بأربع خطوات: بناء مزيد من خطوط نقل الطاقة، ورفع القلطية، واستعمال خطوط التيار المستمر للمسافات الطويلة، وإقامة روابط تيار مستمر قصيرة تصل فيما بين شبكات نقل الطاقة الثلاث المنفصلة عن بعضها.

وقد تكون ثمة حاجة إلى سلطة اتحادية تحدِّد مسارات الخطوط الجديدة بغية تجاوز ممانعة الولايات والحكومات المحلية والمواطنين وشركات الكهرباء. ويمكن للقرار الرسمي بإقامة مرافق توليد الطاقة المتجدِّدة أن يُحفِّز إنشاء خطوط نقل يُموِّلها القطاع الخاص.

الخلفية السـيئة الصيانة التي نادرا ما كانت أسرع أو أكفأ وسيلة للانتقال من نقطة A إلى أخرى B».

وخلال العقد المنصرم أُنشِئ ما يزيد قليلا على 1000 ميل من خطوط نقل القُلطية العالية سـنويا. إلا أن دراسة أُجريت في المختبـر القومي الأمريكـي للطاقات المتجددة ونُشـرت نتائجها في الشـهر 2010/1 خلصـت إلى أن تأمين 20% من الطاقة التي تستهلكها الولايات المتحدة من طاقة الرياح سوف يتطلـب 700 22 ميل من الخطوط الكهربائية الجديدة فيما بين الولايات، إضافة إلى خطـوط القُلطية العالية الموجودة حاليا والتي يصـل طولها إلى 000 160 ميل. حينئذ، سـوف يكون مشـهد العمال الذين يُنشئون خطوط الطاقة أكثر شيوعا من مشهد العمال الذين يُنشِئون الطرق.

إضافة إلى نقل الطاقة المتجددة من مصادرها، يمكن للمزيد من الخطوط أن يحل مشكلة الفائض المزعجة. وفي هذا الجو من الأسواق المتزايدة العدد اليوم، حتى ولو كانت الاحتياجات من الكهربـاء قليلة، فإن بعض محطات توليد الطاقة يجب أن تبقـى في حالة عمل، وذلـك للحفاظ على اسـتقرار القُلطية ضمن المنظومة على الرغم من انعدام الحاجة إلى الطاقة التي تولدها. وفي الليل، حينما تكون الرياح شـديدة على الأغلب، ربما لا يكون ثمة مكان تُرسَـل إليـه الطاقة المولَّدة. وفي هذه الحالات، يُجبَر بعض مرافق نقل الطاقة، ومن أمثلتها **مشـغِّل منظومـة كاليفورنيا المسـتقل**[1]، علـى دفع مال إلى مرافق توليـد الطاقة، ومن أمثلتها مـزارع الرياح، لإيقاف إنتاجها. وإذا فاق الإنتاج الطلب، «عليك أن تدفع إلى الآخرين ليأخذوا الطاقة»، وفقا لقول ‹ياقوت منصور›، المدير التنفيذي لمُشـغِّل منظومة كاليفورنيا.

يمكـن لعدم التوازن هذا أن يجعل الطاقـة النظيفة المتجددة باهظـة التكلفـة. فإيقاف **عنفـات (توربينـات)** turbines الرياح عـن الإنتاج حينما تكون الرياح شـديدة يمكـن أن يجعلها غير ذات جـدوى اقتصادية. أما بوجود خطوط القُلطية العالية فيمكن تقليص الفائض بإرساله إلى زبائن بعيدين يحتاجون إليه. ويمكن للمزيد من خطوط الطاقة أن يُساعد أيضا على توزيع اضطرابات القُلطية على منطقة واسـعة من المنتجين والمسـتهلكين، وهذا ما يـؤدي إلى امتصاص تلك الاضطرابات دون توليد تغيرات قُلطية كبيرة وخطرة، أو التسبب في انقطاع للكهرباء لا مبرر له.

ويمكن للمزيد من خطـوط الطاقة أيضا أن يجعل مرافق تخزين الطاقة الكبيرة السـعة ممكنـة وقابلة للتحقيق. يمكن لطاقـة الرياح الفائضة فـي الليل أن تُخـزن من خلال أي وسـيلة تقانية تسـتطيع توليد الطاقة في اليـوم التالي حين الحاجة إليها من قبل: البطاريات الكبيرة، و**دواليب العطالة**



flywheels، وحجـرات الهواء المضغوط، والماء المضخوخ إلى الأعلى بحيث يولِّد الكهرباء لاحقا حين سـقوطه عبر عنفات، وخزانات الملح المصهور الذي يُشغِّل فيما بعد عنفات بخارية، وغير ذلك من وسـائل التخزين. إلا أنه يجب أن تصل الطاقة أولا إلى تلك المرافق.

رفع القُلطية[*]

إن بناء المزيد من خطوط نقل الطاقة سـوف يحقق وصلا أفضل بـين المولدات ومواقع الاسـتهلاك. إلا أن نقل الطاقة عند قُلطيات أعلى، يُعتبر الخطوة الثانية نحو الشبكة الفائقة، الذي سـيقلِّص ضياع الطاقة في أسـلاك النقل، ومخفضا بذلك التكاليـف ومقلِّلا الحيز الأرضي الـذي تحتله خطوط الطاقة العابرة للتلال والوديان.

إن الطاقة في خطوط النقل تضيع على شـكل حرارة في المقـام الأول، إلا أن الفقد ينخفض كثيـرا حين رفع القُلطية. لقد قام ‹J. مونتس› [مدير نقل الطاقة لدى مرافق نقل الطاقة في المنطقة الشـمالية الشرقية Northeast Utilities التي ترغب في استيراد مزيد من الكهرباء من كندا] بحساب الانخفاض الكبيـر في ضياع الطاقة في خط نقـل طوله 100 ميل وينقل استطاعة مقدارها 800 ميگاواط، وهي تقريبا استطاعة محطة توليد كهرباء كبيرة تسـتعمل الفحم الحجري. فوجد أنه إذا عمل الخط عند قُلط يساوي 345 كيلوڤلط، وهو مستوى القُلطية المستعملة في كثير من خطوط الشبكة الفقارية اليوم، ضاعت

(*) Pump It Up

(1) California Independent System Operator

اســتطاعة مقدارها 19.8 ميگاواط. وإذا عمل عند ڤلط يساوي 765 كيلوڤلط، وهو أعلى ڤلطية مستعملة في الولايات المتحدة (لكن ليس على نطاق واسع)، ضاعت استطاعة مقدارها 3.45 ميگاواط فقط، أي نحو سُدْس الاستطاعة التي تُفقد حين العمل عند الڤلطية 345 كيلوڤلط. وإذا عمل الخط عند ڤلط يســاوي 1100 كيلوڤلــط، انخفض الفقد إلــى 1.91 ميگاواط فقط. لقد اســتعمل **الاتحاد الســوڤييتي**[1] في وقت ما خــط نقل طاقة عند ڤلط يســاوي 1150 كيلوڤلــط، ويوجد في اليابان خط مشــابه، وتبني الصين خطوطا عدة من هذا النوع.

وإضافة إلى تخفيــض تكاليف التوليد اليومية، يمكن للڤلطيات العالية أن تســاعد المخططــين الإقليميين على تخفيض تكاليف الأراضــي والأبنيــة اللازمــة لخطوط نقل الطاقــة. فالخط الذي يعمل عند اســتطاعة تســاوي 765 كيلوڤلــط يمكــن أن يحمــل طاقة تســاوي ســتة أمثال مــا يحمله خط يعمل عنــد 345 كيلوڤلط، وفقــا لتقديرات <M. هايك> [المســؤول عن نقل الطاقة لدى **شــركة الكهربــاء الأمريكيــة**[2]، وهي أكبر مُشغِّل لهذا النوع من الخطوط في الولايات المتحــدة]. ويحتاج الخــط العامل عند 765 كيلوڤلــط إلــى حيِّز أرضي عرضــه 200 قدم، فــي حين أن الخطوط الســتة التي تعمل عند 345 كيلوڤلط تحتاج إلى حيِّز أرضي عرضه 900 قدم. إلا أن ارتفاع برج الخط العامل عند 765 كيلوڤلــط يجب أن يكون بــين 135 و 150 قدما، في حين أن ارتفاع برج الخط العامل عند 345 كيلوڤلط يمكن أن يكون عــادة بــين 110 و 125 قدما. فمع زيــادة الڤلطية، ثمة حاجة إلى زيادة ارتفاع الأســلاك عن الأرض، ولكن الناس عموما يعتبرون الأبراج العالية أكثر إزعاجا.

وفي الشــهر 2008/1، كشفت شــركة الكهرباء الأمريكية ووزارة الطاقــة الأمريكية عن خطة محتملة لإنشــاء شــبكة فقاريــة على نطاق الولايات المتحدة تعمــل عند 765 كيلوڤلط فــوق منظومة النقل الموجودة حاليــا، على غرار طريقة مرور الطرق الرئيســية فيما بين الولايات فوق الطرق المحلية، وذلك بغية زيادة ســعة الشــبكة زيادة كبيرة وتخفيض الفقد فيها. وتحتاج هذه الشــبكة الفقارية إلــى 22 000 ميل من الخطوط العاملة عنــد 765 كيلوڤلط، منها خطــوط موجودة فعلا يبلغ طولها 3000 ميل. صحيحٌ أن تكلفة هذه الشــبكة تساوي نحو 60 بليون دولار، إلا أنه يمكن ادِّخار بلايين الدولارات ســنويا بسبب التخفيض الكبير للفقد، وبسبب إمكان الاستعاضة عن الطاقــة المرتفعة الثمن المولَّدة محليــا بطاقة رخيصة تُولَّد في أمكنة لا تصل إليها الشبكة الحالية.

سوف يقلِّص نقلُ الطاقة عند ڤلطيات عالية، وهو الخطوة الثانية نحو إقامة الشبكة الفائقة، فَقْدَ الطاقة في الأسلاك ويُخفِّض التكاليف ويُصغِّر الحيز الذي تحتله خطوط النقل العابرة للتلال والوديان.

الانتقال إلى التيار المستمر(*)

وبغيــة تحقيق مزيد مــن تقليل الفقد، أوصى المهندســون باســتعمال التيار المســتمر علــى الخطوط الشديدة التحميل بدلا من التيار المتناوب الذي تُزوَّد به عمليا جميع المنازل ومرافق الأعمال. فقد وَجــد <مونتس> أن الخط نفســه، الذي يبلغ طولــه 100 ميل، والمُحمَّل بـ 800 ميگاواط والعامــل بتيار مســتمر عنــد 500 كيلوڤلط، يفقد 3.82 ميگاواط فقــط، أي نحو نصف ما يفقده باســتعمال التيار المتناوب عند الڤلطية نفســها. فإذا رُفع الڤلطية حتى 800 كيلوڤلط، انخفــض الفقد إلى 1.5 ميگاواط، أي إلى أقل مــن نصف الفقد في حالة التيار المتناوب عند 765 كيلوڤلط.

يُفضَّــل التيار المســتمر في حالات نقل الطاقة بــين نقطتين تمتد الأســلاك بينهما باستمرار دون وجود نقاط تحويل تعترضها. وهو مســتعمل فعلا بين محطات الســدود الكهرمائية في شــمال كوبــك ونيو إنگلانــد، وبين محطات الســدود على نهر كولومبيا في أوريگون وجنوب كاليفورنيا. وقــد اختير التيار المستمر في هذه الحالات بســبب كفاءته وإمكان التحكُّم فيه. **يتبع التيارُ المتناوبُ المسارَ ذا المقاومة الصغــرى**[3] منتشرا على طول الســلك كالماء المتدفق من قمة جبل في جــداول مختلفة إلى حوض عنــد القاعدة. أما خط التيار المســتمر، فهو كالأنبوب الممتد من الأعلى إلى الأسفل والمزوَّد بمضخة يمكن التحكُّم فيها في الزمن الحقيقي.

إن التحكُّم في التيار مهم بســبب البنية المجزَّأة للشــبكة المكوَّنــة مــن مئات الشــبكات المحلية التــي يمتلكها مالكون آخرون. فحينما يرسِــل بائعُ كهرباءَ إلى مُشترٍ بعيد، سوف

(*) Go Direct

(1) الاتحاد الســوڤييتي هو الدولة الشيوعية التي قامت في عام 1922 في غرب أوروبا وشمال آسيا وضمت روسيا و 14 جمهورية اشتراكية أخرى مجاورة لها، وانفرط عِقْد هذا الاتحاد رسميا في 1991/12/31.

(2) American Electric Power

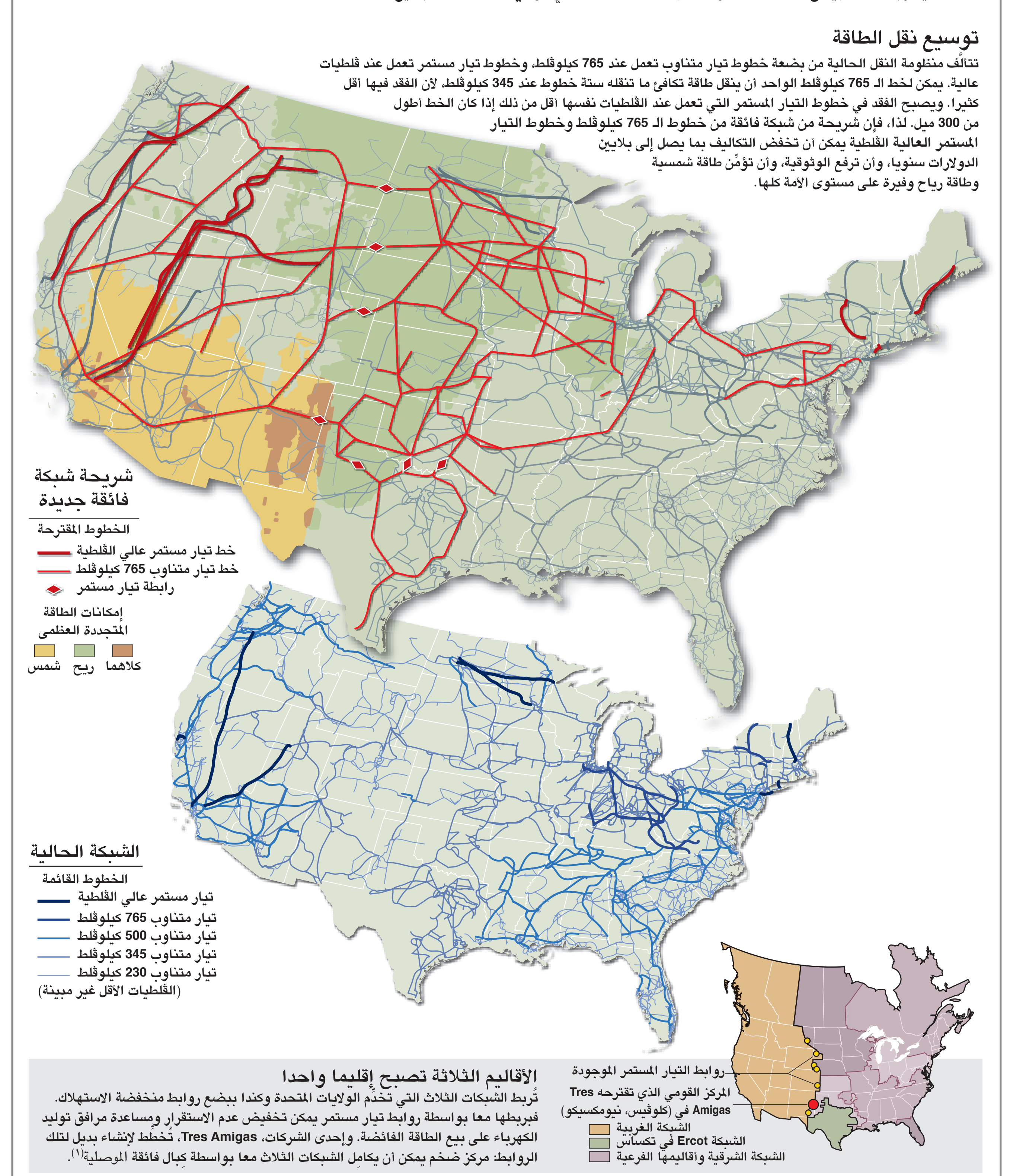
(3) تُعــرف هذه الظاهرة بالمفعول القشــري skin effect، وهــي تتجلى في نزوع التيار المتناوب إلى الابتعاد عن محور السلك والانتشار بالقرب من سطحه، أي إن التيار المتناوب لا يســتعمل عمليا كامل السلك للانتقال فيه، ويزداد هذا المفعول بازدياد تردد التيار المتناوب. (التحرير)

شبكة الكهرباء الرئيسية في المستقبل(*)

لا تصل منظومة نقل الطاقة في الولايات المتحدة (*المخطط الذي في الوسط*)، التي تجلب الكهرباء من محطات توليد الطاقة إلى المحطات الفرعية المجاورة لمناطق الاستهلاك، على نحو كاف إلى المناطق الغنية بالطاقة الشمسية وبطاقة الرياح، فضلا عن كونها عرضة للأعطال التي تؤدي إلى انقطاع الكهرباء. لذا يمكن لإنشاء شبكة فقارية من خطوط الڤلطية العالية (*الخريطة العليا*) أن يحل كلتا المشكلتين. وعلى الأقل، يمكنها أن تربط الشبكات الإقليمية الثلاث معا (*الخريطة السفلى*) لتحسين الوثوقية لمصلحة الجميع.

توسيع نقل الطاقة

تتألف منظومة النقل الحالية من بضعة خطوط تيار متناوب تعمل عند 765 كيلوڤلط، وخطوط تيار مستمر تعمل عند ڤلطيات عالية. يمكن لخط الـ 765 كيلوڤلط الواحد أن ينقل طاقة تكافئ ما تنقله ستة خطوط عند 345 كيلوڤلط، لأن الفقد فيها أقل كثيرا. ويصبح الفقد في خطوط التيار المستمر التي تعمل عند الڤلطيات نفسها أقل من ذلك إذا كان الخط أطول من 300 ميل. لذا، فإن شريحة من شبكة فائقة من خطوط الـ 765 كيلوڤلط وخطوط التيار المستمر العالية الڤلطية يمكن أن تخفض التكاليف بما يصل إلى بلايين الدولارات سنويا، وأن ترفع الوثوقية، وأن تؤمِّن طاقة شمسية وطاقة رياح وفيرة على مستوى الأمة كلها.



الأقاليم الثلاثة تصبح إقليما واحدا

تُربط الشبكات الثلاث التي تخدِم الولايات المتحدة وكندا ببضع روابط منخفضة الاستهلاك. فبربطها معا بواسطة روابط تيار مستمر يمكن تخفيض عدم الاستقرار ومساعدة مرافق توليد الكهرباء على بيع الطاقة الفائضة. وإحدى الشركات، Tres Amigas، تُخطط لإنشاء بديل لتلك الروابط: مركز ضخم يمكن أن يكامِل الشبكات الثلاث معا بواسطة كِبال فائقة الموصلية[1].

(*) Future Highways for Electricity

(١) أو الناقلية





المؤلف

Matthew L. Wald

مراسل صحيفة نيويورك تايمز في واشنطن، وهو يكتب عن الطاقة والبيئة.

تمر الطاقة عبر أسلاك غير محددة، وقد يؤدي ذلك إلى تحميل زائد في مناطق مختلفة بين نقاط انتهائية لا علاقة تجارية لها بصفقة البيع.

لقد جرى تمديد كِبال تيار مستمر في السنوات القليلة الماضية بين ساحل نيوجرسي والجانب الجنوبي من لونگ آيلاند من نيويورك، وعبر لونگ آيلاند ساوند إلى كونِّكتيكت. وكان إيجاد مسار تحت الماء في الحالتين أكثر سهولة من إيجاده عبر المناطق المدينية المكتظة، وحقَّقت الخطوط تدفقا سريعا للطاقة. ومُدَّ أخيرا كبل طوله 53 ميلا تحت الماء على طول خليج سان فرانسيسكو لنقل طاقة باستطاعة 400 ميگاواط. وكان التحكُّم في الانتقال من الكِبال القديمة إلى الجديدة سَلِسا إلى حدّ مكّن المسؤولين عن مرافق الكهرباء من إغلاق محطات التوليد القديمة القذرة نسبيا في سان فرانسيسكو التي كانت تُشغَّل لتحسين استقرار الفلطية والتردد في شبكات المنطقة ذات التيار المتناوب.

ولكن على الرغم من مزايا خطوط التيار المستمر، فإنها لا تكون مفيدة إلا في حالات المسافات الطويلة. وسبب ذلك هو الحاجة إلى محطات تبديل خاصة في كل نقطة انتهائية لتغيير التيار المتناوب إلى تيار مستمر ثم إلى متناوب. وهذا التبديل يتطلب إلكترونيات ضخمة تستهلك نحو 1% من الكهرباء في كل نقطة انتهائية. ولكن <A. فيليبس> [مدير نقل الطاقة لدى **معهد أبحاث الطاقة الكهربائية**(1)] يرى أنه مع انخفاض تكاليف الإلكترونيات، انخفضت المسافة غير الخاسرة أو الرابحة إلى نحو 300 حتى 350 ميلا، مقارنة بـ 500 ميل قبل 15 سنة.

وإذا جرى تشكيل خطوط التيار المستمر الطويلة بطريقة ذكية، أمكن تكوين شبكة فقارية على نطاق قارة أمريكا الشمالية تختلف عن شبكة خطة شركة الكهرباء الأمريكية التي تعمل عند 765 كيلوڤلط، والتي نادرا ما تستعمل التيار المستمر. وتدعو دراسة أجراها المختبر القومي للطاقات المتجددة إلى إنشاء 10 وصلات تيار مستمر ضخمة تعمل عند 800 كيلوڤلط وتمتد من الشرق إلى الغرب من ولايات **السهول الكبرى**(2) حتى ساحل المحيط الأطلسي، إلا أن الدراسة لم تحدِّد مسارات لها. وفي مؤتمر عن بناء مزارع رياح في منطقة الغرب الأوسط لتزويد الساحل الشرقي بالطاقة، يقول <D. أوزبورن> [المدير التقني لنقل الطاقة لدى **مُشَغِّل منظومة الغرب الأوسط المُستَقل**(3)] إن التيار المستمر هو التقنية الوحيدة التي تضمن وصول الطاقة إلى حيث الحاجة إليها فقط. إلا أن عيب التيار المستمر هو أن التفريع من الخط عند نقطة في وسطه، على غرار تفريع الطرق الرئيسية إلى فرعية، باهظ التكلفة.

وَصْلُ البلاد معا(*)

يمكن للمزيد من خطوط نقل الطاقة إلى مسافات بعيدة بڤلطيات عالية متناوبة أو مستمرة أن يُكوِّن شبكة فائقة تدعم وتوسِّع منظومة النقل الحالية. ويجب بناء هذه الخطوط على نطاق أوسع كثيرا مما كان يُخطَّط له سابقا، إلا أن ثمة صعوبة حقيقية تكمن في مد أسلاك التيار المستمر: يمكن تطويل سلك التيار المتناوب بأي مقدار نريده في

إلكترونيات ضخمة تُبدِّل التيار المتناوب ليصبح تيارا مستمرا ينقله كبل خليج سان فرانسيسكو العالي الڤلطية الذي يمتد بطول 53 ميلا تحت الماء على طول الخليج.

(*) Knit the Nation Together

(1) the Electric Power Research Institute

(2) The Great Plains ، مناطق شاسعة قليلة الأشجار كثيرة الأعشاب في غرب نهر المسيسيبي وشرق سلسلة الجبال الصخرية فيما بين الولايات المتحدة وكندا.

(3) Midwest Independent System Operator

أي وقــت على غرار تطويل طريق عــدة أميال، أما خط التيار المستمر فهو كالجسر، ذو بداية ونهاية محددتان.

كانت خطوط نقل الطاقة تُبنى دائما تقريبا في أوقات متفرقة وبطرائق مختلفة، بعيدا عن التخطيط المتكامل، وضمن منطقة مخدِّم واحــد أو مخدِّميْن متجاوريْن. وكان إنشــاء الخطوط الجديدة، والحصــول على حق العبور لهــا، يواجِهان دائما عقبات إدارية ومعارضة شــعبية. وتُضاف إلى ذلك صعوبة ثالثة تظهر على المســتوى القومي، لأن الولايات الأمريكية الموجودة في قارة أمريكا الشمالية **جنوب كندا**[1] مقسمة إلى ثلاث شبكات عملاقة: الشبكة الشرقية الممتــدة من **سلسـلة الجبـال الصخرية**[2] باتجاه الشرق، والشبكة الغربية الممتدة من الجبــال الصخرية باتجاه الغرب، وشــبكة تكساس. وقد عملت الشبكات الثلاث وكأنها جزر مســتقلة طوال عقــود، إضافة إلى أن الشــبكة الشــرقية مُجزَّأة أيضا إلى أجزاء إقليمية اعتباطية.

أخفقت خطة لتحديث الشمال الشرقي عندما ادعت ولايتا نيويورك ونيو إنكلاند أن الخطة فضَّلت جلب طاقة الرياح من السهول الكبرى على جلبها من ساحل الأطلسي.

وفي محاولة للتحديث، كشف المسؤولون الإقليميــون في الشــبكة الشــرقية في عــام 2009 عن خطة توســيع على مســتوى المنظومة يجعل طاقة الرياح تلبي 20% من احتياجات الشــبكة من الطاقة بحلول عام 2024. وتنطوي الخطة على تمديد خطوط نقل يبلغ طولها 15 000 ميل، نصفها يعمل بالتيار المستمر. ولكن الخطة لم تحدِّد مسارات لخطوط النقــل، إلا أنها يمكن أن تُبنى موازيــة للمرافق القائمة حاليا والحاصلــة على حق العبور، أو لخطوط الســكك الحديدية أو حتى الطرق السريعة.

إلا أن مــا أعاق الخطة جزئيا هــو كيفية توزيع التكاليف. وكان أحد الخيارات جعل الخطوط «تجارية» على غرار الطرق المأجورة التي تبنيها وتستثمرها شركات خاصة والتي يوجد قليل منها حاليا. إلا أن هذه الطريقة لا تلائم إلا الحالات التي يكون من الممكن فيها ربط المشــتري بالبائع مباشرة، أي إنها تصلح للتيار المستمر فقط. وأحد الخيارات الأخرى في حالة التيــار المتناوب هو توزيع التكلفة على المولدين والمســتهلكين الذين سوف يجري تخديمهم. إلا أن بعض الشركات الإقليمية لنقل الطاقة التي جربت هذه الطريقة تعترض عليها. لذا، اقتَرح **مجمَّــع طاقة المنطقـة الجنوبيـة الغربيـة**[3]، نظاما لتوزيع التكاليــف أقرته **اللجنة الاتحادية لتشـريعات الطاقة**[4] في الشهر 2010/6، ويقضي بمعاملة خطوط القلطية العالية معاملة الطرق الســريعة حيث تُوزَّع التكاليف على جميع المرافق في المنطقة. أما خطوط القلطية المنخفضة، فتعامل معاملة الطرق الداخليــة وتوزع تكاليفها محليا. وأما تكاليف خطوط القلطية المتوسطة، فتكون مشتركة.

إلا أن تلــك الطريقة لا تصلح للتيار المســتمر لأن خطوط النقــل لا تخدِّم إلا أولئــك الموجودين عنــد نهاياتها. فالخط المنطلق من داكوتاس إلى شيكاغو لن يكون ذا فائدة لمينسوتا أو ويسكنسن أو آيوا. لذا، فإن تكلفة إنشاء هذا النوع من الخطوط يمكن أن تُدرج ضمن ثمــن الكهرباء، وهي طريقة تنوي الشــركة الكنديــة Hydro Quebec تطبيقهــا على خط جديد سوف يخدِّم نيو إنكلاند.

إن خطــة الشــبكة الشــرقية المتعثــرة سَــقطت نهائيا عندما ادعت ولايتا نيويورك ونيــو إنكلاند أن تلك الخطــة منحازة نحو نقــل طاقة الرياح من الســهول الكبرى إلى منطقة الساحل الشــرقي. وقالت الولايتان الشــرقيتان إن الخطة يمكن أن تعوق تطوير مصادر طاقة الرياح على ساحل الأطلسي، وانسحبتا من المشروع.

وثمــة محاولة مختلفة لمكاملة شــبكات الطاقــة العملاقة الثــلاث في منطقة بولاية نيو مكســيكو قريبة من نقطة تماس تلك الشــبكات الكبيرة. ومن قبيل المصادفــة، توجد في تلك المنطقة موارد طاقة رياح وطاقة شمسية وفيرة.

ليســت تلك الشــبكات الثــلاث موصولة حاليــا معا لأن تياراتها المتناوبة ليســت متزامنة. وفي كل شــبكة على حدة، تُغيِّر الإلكترونات اتجاهها 60 مرة في الثانية في اللحظة نفسها تماما على غرار **فرقة روكتِّس**[5] Rockettes التي ترقص على إيقاع الكورس. إلا أن التيارات في الشبكات الثلاث لا ترقص متزامنة معا، لأنها متزامنة مع طبول مختلفة.

لذا، فإن نقل الطاقة فيما بينها يتطلب تبديل التيار المتناوب الآتي من شــبكة معينة إلى تيار مســتمر ونقله إلى الشــبكة المجاورة ثم تبديله إلى تيار متناوب متزامن مع التيار المتناوب في تلك الشــبكة. ثمــة ثماني روابط تيار مســتمر تصل بين الشــبكات الثلاث، لكنها لا تســتطيع نقل إلا مقدار متواضع

(١) تســمى هذه الولايات الـ 48 ولاية، وهي تمثل الولايات المتحدة الأمريكية باســتثناء ألاسكا وهاواي والمتلكات الأمريكية خارج بر الولايات المتحدة.

(٢) the Rockies، هي سلســلة الجبال الرئيسية في غرب قارة أمريكا الشمالية وتمتد من كولومبيا البريطانية إلى شمال نيو مكسيكو.

(٣) the Southwest Power Pool

(٤) the Federal Energy Regulatory Commission

(٥) The Rockettes، فرقة شهيرة للرقص الدقيق الإيقاع قدمت على مدى 77 عاما خمس حفلات يوميا، طوال أيام الأسبوع، في مواسم أعياد الميلاد. (التحرير)

التتمة في الصفحة 79

سعيٌ حثيث من أجل علاج للتوحّد(*)

تطوّرت آليات التشخيص كثيرا، ولكن العلاجات الصحيحة بقيت قليلة. وقد أخذ الآباء يتوجهون إلى علاجات بديلة مشكوك في صحتها وغالبا ما تكون خطرة.

‹N. شوت›

عندما تمّ تشخيص **التوحّد**(1) عند ‹بنيامين› أكبر أبناء ‹J. ليدلر›، بدأ مع زوجته رحلة البحث عن المساعدة. ويعلّقُ ‹ليدلر›: «كان اختصاصيو العلوم العصبية يقولون: إننا لا نعلم ما سبب التوحد ولا نعلم ماذا ستكون النتيجة بالنسبة إلى ابنك في المستقبل؛» ويتابع: «لم يقل أحد منهم «هذا هو سبب التوحد عند ابنك؛ وهذا هو علاجه.»

ولكن عندما بحث ‹ليدلر› وزوجته – وهما يعيشان في پورتلاند، أوري – في صفحات الوِب (الشبكة العنكبوتية العالمية)، وجدا العديد من العلاجات «الطبية الحيوية» التي تعد بتحسن، أو حتى بشفاء، عدم قدرة ابنهم ‹بنيامين› على الكلام أو التآثر مع المجتمع أو السيطرة على حركاته، فجرباها مع ابنهما. لقد بدآ بتجريب الڤيتامين B6 مع المغنيزيوم، ومستحضرات المكملات الغذائية المكونة من ثنائي ميثيل الگليسين وثلاثي ميثيل الگليسين، والڤيتامين A، وأنظمة الغذاء الخالية من الگلوتين والكازين، وهرمون الجهاز الهضمي السيكريتين، وعملية **الخَلب**(2) chelation وهي معالجة دوائية تهدف إلى التخلص من الرصاص والزئبق. كما قاما بتطبيق العلاجات التي تدعي شفاء التوحد على ‹ديڤيد› (أخ ‹بنيامين› الصغير) الذي شُخّصت إصابته بالتوحد أيضا. ويبدو أنّ علاج الخلب لم يعط أية فائدة، كما كان تأثير السيكريتين محدودا. أما النظام الغذائي فبدا واعدا، ولذلك كان الزوجان يحملان معهما أطعمة خاصة إلى أي مكان يذهبان إليه، واستمرا بإطعام ولديهما عشرات المكملات الغذائية مع تغيير الجرعات، زيادة أو نقصانا، مع كل تغيير في السلوك.

جاءت أولى علامات فشل تجارب هذين الوالدين عندما توقفت الأم، وقد تزايد شكها في نجاعة العلاج، عن إعطاء ابنها ‹بنيامين› المكملات، وبقيت شهرين حتى اضطرت إلى إخبار زوجها بذلك عندما قام ‹بنيامين› بخطف كعكة من أحد البوفيهات خلال زيارة الأسرة إلى ديزني لاند وأكلها بِنَهَم.

(*) DESPERATE FOR AN AUTISM CURE

(1) autism أو الذاتوية. وقد سبق لِـ **العلوم** نشر المقالات التالية عن التوحد:
- «*الذاتوية (التوحد)*»، العددان 3/2 (1999)، ص 70.
- «*الأصول المبكرة للذاتوية (للتوحد)*»، العددان 6/5 (2000)، ص 12.
- «*مرايا متكسرة: نظرية في التوحد*»، العدد 1 (2007)، ص 56.

باختصار

ضجة هامشية: يتلقى حتى 75% من الأطفال المصابين بالتوحد علاجات بديلة لم يطورها الطب التقليدي، وغالبا ما تكون زائفة.

أدوية خطرة: يصفُ بعض الأطباء أدوية صودق عليها كعلاج لأمراض أخرى، ولها تأثيرات جانبية خطيرة دون أن يتم اختبار سلامتها أو نجاعتها بالنسبة إلى التوحد إطلاقا.

مزيد من الأبحاث العلمية: في العقد الماضي زاد دعم أبحاث التوحّد في الولايات المتحدة بنسبة 15% سنويا كاستجابة، ولو جزئيا، لتزايُدِ طلب الآباء على المعالجات المُصادق عليها وزيادة الوعي العام بالمشكلة.

وراثيات واعدة: ربما تكشف الاختلافات الجينية لدى الأطفال المصابين بالتوحد عن سبب مرض التوحد، أما ظهور العلاجات ذات الصلة، فربما يستغرق سنوات.

المؤلفة



Nancy Shute

لقد غطت ‹شوت› مواضيع العلوم العصبية وصحة الأطفال لأكثر من عشرين عاما. فهي تكتب، كمحرر مشارك، في صفحة تربية الأطفال على موقع أخبار الولايات المتحدة الأمريكية والتقرير العالمي.

راقب الوالدان ابنهما بقلق مقتنعين بأنه سيتراجع في اللحظة التي يتوقف فيها عن نظامه الغذائي المحدد، ولكن شيئا من هذا لم يحدث.

يجب التعرف أكثر على ‹ليدلر›، فهو اختصاصيٌّ بالتخدير، وكان يُدرك منذ البداية أنّ المعالجات التي كان يستخدمها مع طفليه لم تُختَبر بتجارب سريرية عشوائية، وهي المعيار الذهبي للمعالجات الطبية. ويقول ‹ليدلر›: «حاولت في البداية المقاومة»، ولكن الأمل انتصر على الشك.

يستسلم مئاتُ من آلاف الآباء والأمهات سنويا للرغبة

ذاتها في إيجاد أي شيء قد يخفف أعراض الصراع لدى أبنائهم وبناتهم: العجز عن الكلام والتواصل، والتآثرات الاجتماعية غير الملائمة، والسلوك التكراري أو المقيد كضربات اليد أو التشبث بالأشياء. وهناك، وفقا لبعض الدراسات، نحو 75% من الأطفال المصابين بالتوحد يتلقون علاجات «بديلة» لم يطورها الطب التقليدي. وهذه غالبا ما تكون زائفة. فهي لم تخضع لاختبارات السلامة والفعالية، وقد تكون عالية التكلفة، وقد يكون بعضها ضارا فعليا. ولحسن الحظ، فالقفزات الحديثة في تشخيص التوحد وفعالية ضغط الآباء وجهت المزيد من التمويل الحكومي والخاص نحو الأبحاث التي ستقود يوما ما إلى نتائج مُثْبَتة علميا.

في غياب السبب، يغيب العلاج(*)

كثيرا ما يتنامى الطلب على علاجات التوحد بسبب تزايد عدد الأطفال الذين يشخص هذا الاضطراب لديهم ضمن المعايير الأوسع. فبالعودة إلى السبعينات، عندما كان التوحد يعتبر **ذهانا طفليا**(1) – وهو مزيجٌ من القصورات الاجتماعية والتخلف العقلي – كانت الحالة نادرة. وإذا قلق الوالدان من أنّ طفلهما ذا الشهور الثمانية لا يتواصل بصريا، كان أطباء الأطفال يكتفون بطلب التريث والمتابعة.

لقد أظهرت الدراسات أنّ التوحّد موجودٌ عند نحو خمسة من كل 10 000 طفل، ولكن المعدل ارتفع أكثر عندما أعاد الأطباء تعريف الحالة باسم «**اضطراب الطيف التوحدي**»(2) والذي شمل أعراضا أخف. ومع نشر النسخة المحدّثة من دليل الطب النفسي، ***الدليل التشخيصي والإحصائي للاضطرابات النفسية، المسمى*** DSM(3)، والذي سبق نشره عام 1994، أضاف الأطباء إلى الطيف **متلازمة أسبرگر** Asperger's syndrome – وهي شكلٌ من التوحد ذي القدرات الوظيفية العالية اشتُهر من خلال فيلم ***رجل المطر*** *Rain Man* – ومجموعة سُميت باسم **الاضطرابات التطورية المعممة غير المُصنفة بطريقة أخرى**(4). كما بدأ الأطباء بالإقرار بفوائد التشخيص والعلاج المبكرين. وفي عام 2007 أوصت الأكاديمية الأمريكية لأطباء الأطفال بإجراء مسح شامل لتحري الإصابة بالتوحد بين الأطفال بعمر 18–24 شهرا، فارتفع في ذلك الوقت معدل الإصابة بالتوحد إلى حالة واحدة لكل 110 أطفال.

أما إذا كانت زيادة عدد الحالات المشخصة تعكس فعلا زيادة في عدد حالات التوحد فهذا مثارٌ للجدل لأنّ ما هو معروفٌ عن أسباب هذه الحالة ما زال قليلا. يقول <D. آمارال> [مدير الأبحاث في معهد الاستقصاء الطبي لاضطرابات التطور العصبية M.I.N.D. Institute بجامعة كاليفورنيا، ورئيس الجمعية العالمية لأبحاث التوحد]: «لا زلنا نجهل العامل الجيني الفيصل للغالبية العظمى من المصابين بالتوحد.» وليست هناك أية واسمات بيولوجية متوفرة لتحديد من هم الأطفال المعرضين لخطر الإصابة أو لقياس مدى جودة المعالجات. وتركز معظم الأبحاث على التدخلات السلوكية المصممة لتعليم التآثر والتواصل الاجتماعيين والتي يبدو أنها تساعد بعض الأطفال بدرجات مختلفة.

ببساطة، لا يوجد بحث علمي خاص بالعديد من علاجات التوحد، وعندما يوجد فغالبا ما يكون عدد الأطفال قيد الدراسة قليلا.

إنّ الافتقار إلى العلاجات المجرّبة يُيسر كثيرا قيام بائعي العلاجات غير المجرّبة بتسويق الآمال. وبحسب <S. باريت> [عالم نفس متقاعد من Chapel Hill، N. C.]، «فما ستحصل عليه ما هو إلا توليفةٌ من الأوهام والخداع»؛ وقد كتب عن العلاجات الطبية المشكوك فيها في صفحته على الإنترنت Quackwatch.com: «يعيش الآباء والأمهات تحت ضغط كبير، فهم يريدون لأبنائهم أن يكونوا أفضل حالا، ويلاحظون تحسنهم مع مرور الوقت ويعزون هذا التحسن إلى الشيء الخطأ؛ والحقيقة هي أنّ هذه المكاسب ليست بسبب الدواء، وإنما لأنّ أطفالهم ينضجون أكثر مع التقدم في العمر.»

ينتشر بائعو المعالجات الزائفة على الإنترنت، فيُخبر أحد المواقع الوالدين بأنهما يستطيعان «محاربة التوحد عند طفلهما» بشراء كتاب قيمته 299 دولارا؛ في حين يعرضُ موقعٌ آخر تصويرا «لطفلة مصابة بالتوحد تتحسن بعد تلقيها حقنا من الخلايا الجذعية.» ويعترف العديد من الآباء بأنهم حصلوا على معلوماتهم من الإنترنت، «وفي ذلك يعتمد الكثير منهم على النوادر أو السوالف أو ما يرويه أصدقاء أو آباء آخرين،» بحسب <B. ريتشو>، [عالمُ الأبحاث المساعد في مركز يال لدراسات الطفولة] الذي يُضيف: «لم تواكب

(*) No Cause, No Cure
(1) inflantile psychosis
(2) Autism spectrum disorder
(3) *the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*
(4) pervasive developmental disorder, not otherwise specified



الأبحاث معالجات التوحد.»

والأمل لا يتحقق بثمن بخس. فالعلاجات البديلة كالاستلقاء في حُجرة مفرطة ضغط الأكسجين (تُستخدم للتغلب على **الانضغاط**[1])، التي تزيد مستويات أكسجين الدم مؤقتا، تكلّف 100 دولار أو أكثر في الساعة، مع التوصية بجلسات يومية مدتها ساعة أو ساعتين. كما أنّ **معالجة تكامل الحواس**[2]، التي يمكن أن تتراوح بين لف الأطفال في بطانيات أو وضعهم في **آلة العِناق**[3] وبين جعلهم يلعبون بالطين المعطّر، قد تكلف نحو 200 دولار في الساعة. أما المونون فتكلف استشاراتهم أكثر من 800 دولار في الساعة، فضلا عن آلاف أخرى للحصول على الڤيتامينات والمكملات الغذائية والتحاليل المختبرية. وقد ذكر بعض الآباء في مسح تجريه حاليّا شبكة التوحد التفاعلية في معهد كندي كريگر في بالتيمور بأنهم ينفقون وسطيا 500 دولار في الشهر من مصروفاتهم الشخصية على مثل هذه العلاجات. أما علاج التوحد الوحيد الذي ثبتت فعاليته إلى حد ما، وهو المعالجة السلوكية، فقد

(*) Dubious Therapies
(1) compression
(2) sensory integration therapy
(3) hug machine

تكـون تكلفته هي الأعلى، وتصل إلى 33 ألف دولار أو أكثر سـنويا. ومـع أن برامج التدخل المبكر فـي الولاية وأنظمة المناطـق الصحية العامة غالبا ما تغطي هذه المصاريف، إلا أنّ انتظـار التقييمات والخدمـات المجانية قد يكون طويلا. وبحسـب مدرسة هارڤرد للصحة العامة، فالجميع يقول إنّ التكاليف الطبية المباشـرة وغير الطبيـة تصل إلى 27 ألف دولار في السنة وسطيا.

معالجات طبية زائفة(*)

تمتـد العلاجات غير المثبتة فعاليتها إلى الأدويـة؛ فبعض الممارسـين يصفون أدوية مرخّصـة لعلاج أمراض أخـرى. ومن هذه المركبـات عقـار «Lupron» الـذي يَحصر إنتاج الجسم للتستوسـتيرون عند الرجال والإسـتروجين عنـد النسـاء، ويُسـتخدم لعـلاج سـرطان البروسـتاته و«**للخِصاء الكيميائي**»(1) لـمن يمارس الاغتصاب. كما وصف الأطباء عقار «Actos» المسـتخدم في علاج داء السـكري والگلوبولينات المناعية گاما المحقونة وريديا والمسـتخدمة عادة في حـالات الابيضاض والإيدز عنـد الأطفال. ولهـذه الأدويـة الثلاثة المذكـورة تأثيراتها الجانبيـة الخطيـرة، وهي لم تُختبر قط لتحري سـلامتها ونجاعتها في علاج التوحد.

و**عمليـة الخَلْـب**(2)، المعالجـة الأوليـة للتسـمم بالرصـاص، هي إحـدى المعالجات التقليديـة التي يدعي مروجوها أنها «تشـفي» التوحد. يقوم هذا الدواء بتحويل الرصـاص والزئبق والمعادن الأخرى إلـى مركبات خاملة كيميائيا يمكن للجسـم طرحها عـن طريق البول. فالبعض يعتقد أنّ التعـرض لبعض هذه المعادن، وخصوصا ميثيل الزئبق المُسـتخدم كمادة حافظة في اللقاحات، قد يسـبب التوحـد على الرغـم من غياب الدراسـات التي تثبت هذه العلاقة. بل إنّ الحقائق تشـير إلى استمرار تزايد معدلات تشـخيص التوحد على الرغم من إزالـة ميثيل الزئبق من معظم اللقاحات في عام 2001. بل إنّ عملية الخَلْب يمكن أن تسبب الفشل الكلوي، وخصوصا عند استخدامها وريديا، وهو الشكل المفضل لاسـتخدامها في علاج التوحد. وفي عام 2005 توفي طفل يعاني التوحد في الخامسـة من عمره بولاية پنسلڤانيا عندما أعطي إحدى المواد الخالبة وريديا.

ونتيجة لاهتمامها، أعلن المعهد الوطني للصحة النفسية في عام 2006 خططا عن تجارب عشـوائية ذات شواهد حول عملية الخلـب في علاج التوحد، ولكنها توقفت في عام 2008 لأن المهنيين «لم يجدوا أية بينة واضحة على الفائدة المباشرة،» ولأن هـذه المعالجـة تضع الأطفال تحت اختطـار «أعلى من الاختطار الأدنى». وقد نشأ قلقهم جزئيا عن كشف الدراسات المختبرية عن وجود مشـكلات معرفية عند الفئران التي تلقت أدوية الخلب دون أن يكون لديها تسـمم معدني. يقول <Th. R. نسـيل> [مدير المعهد الوطني للصحة النفسية] «لا أعتقد أن أي شخص لديه إيمان قوي بأن عملية الخلب هي العلاج لعدد كبير من الأطفال،» ويضيف بأن أبحاثه «تهتم أكثـر باختبار الأدوية ذات الأساس التقني.»

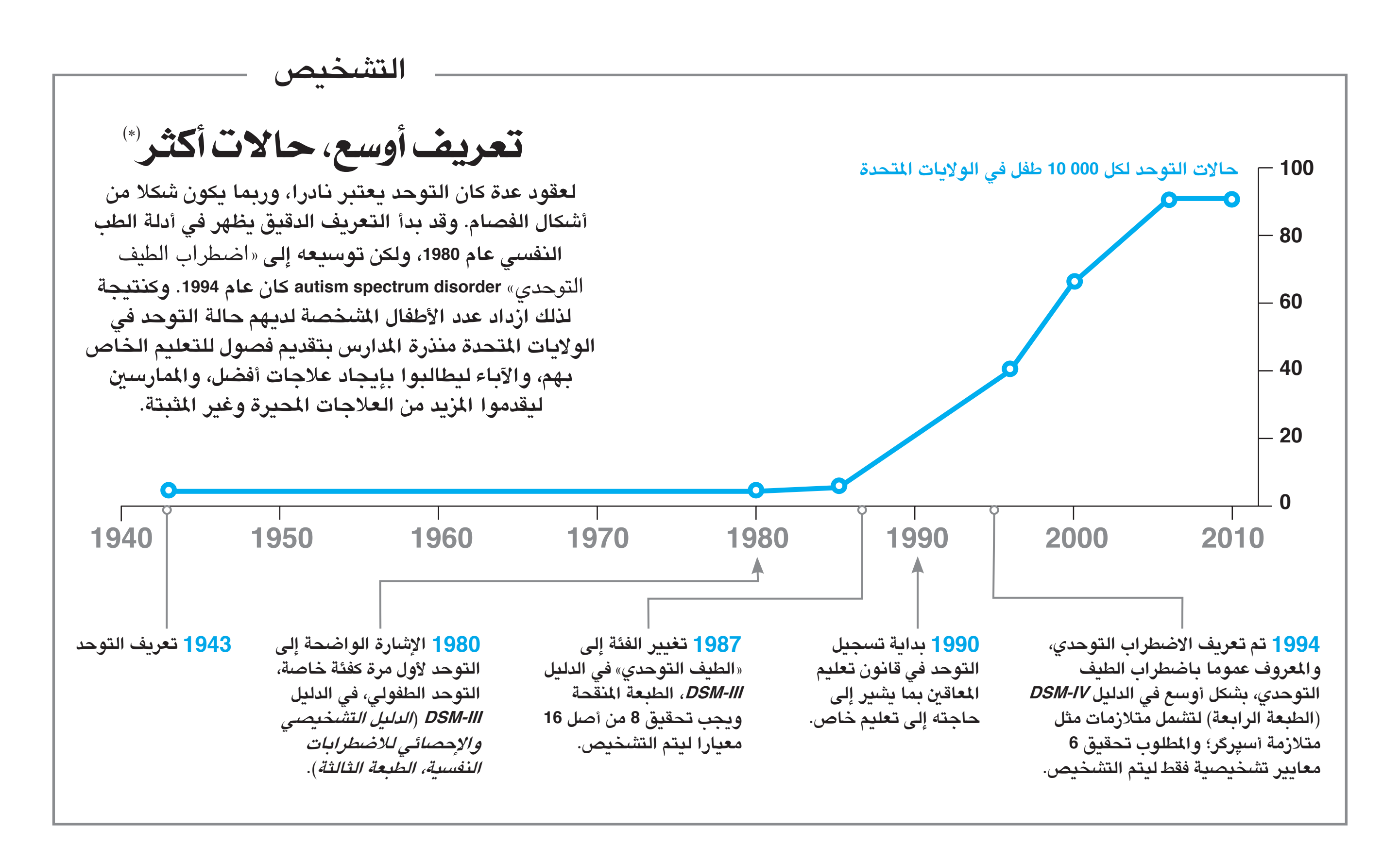
قد تكون المعالجة السلوكية ـ وهي المعالجة الوحيدة المجازة لكونها فعالة إلى حد ما ـ هي الأعلى تكلفة، فقد تصل إلى 33 ألف دولار سنويا.

وكمـا هو متوقـع، فالتخلي عن تلك الدراسة عزّز الاتهامات بأن العلوم الجوهرية تتجاهل العلاجات البديلة. لقد تدفقت الأموال دائما نحو اكتشـاف علاجـات ذات نتائج واضحة أكثر منها نحـو تأكيد عدم فعالية العلاجات التي لا أثر لها. وحتى فترة قريبة، أُجريـت معظم أبحـاث التوحد في مجالات العلـوم الاجتماعية والتعليـم المتخصص، حيث تكـون الميزانيات المخصصة للأبحاث معتدلـة وبروتوكولاتهـا مختلفة كثيرا عـن تلك الخاصة بالأبحـاث الطبيـة، وكانت الأبحاث تقتصـر في كثير من الأحيـان على طفل واحد. وكما تقول <M. ماكيلون> [المدير المسـاعد في مركز جنوب كاليفورنيا للممارسـة المستندة إلى البيّنة في المؤسسة RAND والتي تقود مراجعة تمولها الحكومة وتختص بالمعالجات السلوكية ومن المتوقع نشرها في عام 2011]: «إن هذه الدراسات الآنفة الذكر لا يعتد بها كدليل علمي.»

أكوامٌ من القش وقليل من الإبر(**)

ببساطة، إن الأبحاث العلمية الحديثة الخاصة بالعديد من علاجات التوحد ليست موجودة، وعندما توجد فغالبا ما يكون عدد الأطفال قيد الدراسة قليلا. ففي عام 2007 قامت المؤسسـة كوكرين Cochrane، وهي مؤسسة مستقلة تُعنى بتقييم الأبحـاث الطبية، بمراجعة الأنظمة الغذائية الخالية

(*) Medical Snake Oil
(**) Many Haystacks, Few Needles
(1) chemical castrate
(2) chelation



من الگلوتين والكازين والتي تقوم على أساس أن المركبات في الكازين (أحد پروتينات الحليب) والگلوتين (أحد پروتينات القمح) تتداخل مع المستقبِلات في الدماغ. وقد استعرفت المؤسسة كوكرين تجربتين سريريتين صغيرتين جدا، إحداهما بعشرين مشاركا والأخرى بخمسة عشر مشاركا. فقد وجدت الدراسة الأولى تراجعا في أعراض التوحد أما الثانية فلا. وفي دراسة حديثة عشوائية ذات شواهد شملت 14 طفلا قامت بها ‹S. هايمان› [أستاذ طب الأطفال المشارك في جامعة روشيستر، كلية الطب وطب الأسنان] ونشرت نتائجها في الشهر 2010/5، لم تجد ‹هايمان› أي تغيير في الانتباه أو النوم أو نماذج التغوّط أو السلوكيات المميزة للتوحد. وتقول ‹S. E. ليڤي› [طبيبة الأطفال في مستشفى فيلادلفيا للأطفال] والتي قامت بتقييم البيّنة التي قدمتها ‹هايمان›: «بدأت الأدلة تتراكم ببطء لتؤكد بأن النظام الغذائي ليس المعجزة التي يحلم بها الناس.»

ولدى ‹ليڤي› التجربة المباشرة من مستوى الجهد المطلوب للتأثير في الرأي العام. ففي عام 1998 أصبح **السيكريتين**[1] أحد العلاجات المشهورة، وذلك بعد صدور دراسة تشير إلى أن ثلاثة من الأطفال قد تحسن لديهم التواصل البصري والتيقّظ واستخدام اللغة التعبيرية بعد استخدامهم لهذا الهرمون في أثناء إجراء تشخيصيّ لمشكلات هضمية لديهم. وقد قام مُخرجو وسائل الإعلام، بما في ذلك برنامج «*صباح الخير أمريكا*» ومجلة «*بيوت السيدات*»، بتكرار رواية أكاذيب وإشاعات فرح آباء الأطفال المتحسنة حالتهم. فسارع المعهد الوطني لصحة الطفل والتنمية البشرية إلى تمويل التجارب السريرية. وبحلول عام 2005، فشلت خمس تجارب سريرية عشوائية في إظهار أية فائدة بالسيكريتين، وتلاشى الاهتمام به. لقد احتاج التوصل إلى ذلك أعواما، بحسب ‹ليڤي› التي ساعدت على إجراء العديد من التجارب، والتي تقول: «تستهلك الأبحاث جهودا ضخمة، وقد يكون التقدم بطيئا،» وتضيف: «يشعر الآباء باليأس، وهم لا يريدون ترك أي باب يمكن طرقُهُ.»

من الأخبار الجيدة أن تنامي الطلب على العلاجات المُجازة قد بدأ يجذب التمويل المادي نحو الأبحاث. فعندما عُقد أول لقاء عالمي لأبحاث التوحد في عام 2001، حضره بالكاد نحو 250 شخصا. أما في الشهر 2010/5 فقد حضر اجتماع فيلادلفيا 1700 من الباحثين والطلبة الدارسين ومناصري الآباء. لقد ساعدت التقنيات الجديدة وزيادة الوعي العام على جعل التوحد أحد المحاور الجاذبة

(*) Broader Definition, More Cases
(١) secretin

للأبحاث. وفي منتصف تسعينات القرن الماضي بدأ الآباء بتكوين مجموعات ضغط متطورة ومؤثرة للضغط على المشرعين ولجمع الأموال بالأسلوب نفسه الذي تم استخدامه في أمراض الإيدز وسرطان الثدي، وذلك بالاعتماد على المؤسسات والحكومة الفيدرالية.

ونتيجة ذلك، فقد زاد دعم أبحاث التوحد في الولايات المتحدة في العقد الماضي أكثر من 15% سنويا، مع التركيز على التطبيقات السريرية. وقد خصصت معاهد الصحة الوطنية 132 مليون دولار لأبحاث التوحد في عام 2009، إضافة إلى 64 مليون دولار من قانون الاستشفاء الأمريكي وإعادة الاستثمار، الذي خصص أغلبه لتطوير تسجيلات المرضى وأدوات التقصي الأخرى. أما المؤسسات الخاصة، بما فيها «مؤسسة سايمون» و«أصوات التوحد»، فقد قدمت 79 مليون دولار في عام 2008. وطبقا لما أوردته المؤسسة الأخيرة، فقد صُرف نحو 27% من التمويل على استقصاء المعالجات، و29% على اكتشاف الأسباب، و24% على البيولوجيا الأساسية، و9% على التشخيص.

لقد شملت هذه المتابعات الجديدة جهودا لإثبات إمكان استخدام التدخل المبكر في المعالجات السلوكية، التي تعلّم الأطفال المهارات الاجتماعية من خلال التكرار والمكافأة، بنجاح مع الأطفال الصغار جدا، عندما يكون الدماغ قادرا على تعلم اللغة والتآثر الاجتماعي. وفي دراسة أجرتها جامعات عدة ونُشرت في الشهر 2009/11، ظهر أن الأطفال الذين تلقوا المعالجة السلوكية لمدة سنتين، وبمعدل 31 ساعة أسبوعيا، وهم بعمر 18-30 شهرا، قد تحسّن لديهم **معدل الذكاء** IQ جوهريا (17.6 نقطة مقارنة بسبع نقاط في **المجموعة الشاهدة**(1))، وكذلك تحسنت مهارات لديهم المعيشة اليومية واللغة. لقد تحسنت لديهم قدرات سبعة من 24 طفلا في مجموعة العلاج لدرجة تعديل التشخيص عندهم من التوحد إلى الشكل الأخف «غير المصنف بطرائق أخرى»؛ في حين كان هناك طفل واحد فقط من الـ 24 طفلا الذين تلقوا تدخلات أخرى، حصل على التشخيص بالشكل الأخف. وفي هذا السياق، فقد أقامت شبكة علاج التوحد سجلا بأكثر من 2300 طفل للأبحاث حول علاج المضاعفات الطبية التي غالبا ما يعانيها الأطفال المصابون بالتوحد، وخصوصا المشكلات الهضمية وصعوبة النوم، وهي تخطط لإصدار **دلائل إرشادية**(2)، يمكن لأطباء الأطفال استخدامها في جميع أنحاء البلاد.

نحو علم حقيقي للتوحد(*)

إن الجهود المبذولة لإيجاد أدوية للتوحد ولاضطرابات عصبية أخرى، قد تلاقي صعوبات أكبر يتعين تخطيها. وقد أصبحت التدخلات الطبية، حسب قول ‹إنسيل›، «شيئا مخيبا للآمال إلى حد ما». فمثلا، إن مضادات الاكتئاب التي ترفع مستوى الناقل العصبي، السيروتونين، في الدماغ، هي فعّالةٌ جدا في التقليل من حركات اليد التكرارية في الاضطرابات الوسواسية القهرية؛ ولكن مراجعة قامت بها مؤسسة كوكرين في الشهر 2010/8 أوضحت أن هذا الدواء لا أثر له في تخفيف الحركات التكرارية المميزة للتوحد. ومن بين الأدوية المرشحة الجديدة لعلاج التوحد الدواء الذي يعزّزُ دور **حركات العين السريعة** (REM) في أثناء النوم، وهو غائبٌ عند الأطفال المصابين بالتوحد؛ وكذلك **الأوكسيتوسين** oxytocin، وهو الهرمون الذي يسرع الولادة وإدرار حليب الرضاعة، والذي يُظنّ أنه يشجع الترابط بين الأم والوليد. وفي الشهر 2010/2 نشر المركز الوطني الفرنسي للأبحاث العلمية CNRS دراسة أظهرت أن 13 مراهقا مصابا بمتلازمة أسبرگر تحسن تعرّفهم صور الوجوه بعد استنشاق الأوكسيتوسين. ويجب القيام بقفزة كبيرة بين هذه الدراسة الوحيدة وبين فكرة أن الأكوسيتوسين قد يخفف أشد أعراض التوحد إزعاجا. وكما تقول ‹إنسيل›: «لا يزال أمامنا الكثير من العمل الجاد والشاق.»

لقد تم فعلا البدء بهذا العمل. ففي الشهر 2010/6 قام عدد من الباحثين بتحري الجينات لدى 996 طالبا في المدرسة ووجدوا تباينات وراثية جديدة ونادرة عند الأطفال المصابين بالتوحد. لقد أصاب بعض الخلل الجينات التي تتحكم في التواصل عبر المشابك العصبية – وهي نقاط التماس بين **النورونات (العصبونات)** neurons في الدماغ، وهي أيضا بؤرة أساسية للتساؤلات المتعلقة بالتوحد. ويقول ‹D. گيشوِند› [أستاذ علم الأعصاب والطب النفسي في كلية الطب Geffen بجامعة كاليفورنيا، ورئيس الفريق البحثي فيها]: «إن الطفرات الفعلية مختلفةٌ بين الأفراد، لكن قد يكون هناك بعض الأمور المشتركة في المسارات البيولوجية.» و‹كيشوند› هو أيضا مؤسس قاعدة بيانات تبادل المصادر الجينية للتوحد التي تضم عينات **للدنا** DNA من أكثر من 1200 عائلة لديها إصابات بالتوحد، وقد استُخدمت في

(*) Toward A True Science of Autism
(1) control group أو المجموعة الضابطة.
(2) guideline



‹J. ليدلر› يصف المعالجات الحالية بأنها شكلٌ من أشكال «الشامانية[1]» shamanism، ولكنه جربها على ابنه على أية حال، بصرف النظر عن فقدانه الأمل.

الدراسة. أما الاختبارات التي تثبت السبب أو المعالجات التي قد تعدل الخلل الجيني فلا يزال أمامها سنوات.

والآن، فإنّ الكثير من الآباء ربّما لا يختارون التجريب، فقط إذا كانوا قادرين على النوم ليلا. ف ‹مايكل› و ‹J. A.› كريگوري› [من ميريك، نيويورك]، قررا عندما تم تشخيص التوحد لدى ابنهما ‹نيكولاس›، وهو في الثانية من عمره، استخدام المعالجات المستندة إلى البيّنة فقط كالتحليل السلوكي. ويقول ‹مايكل›: «إنّ مساعدة ابننا فيها الكثير من الصعوبات والتحديات،» ويُضيف: «لم أكن راغبا في تجريب المعالجات التجريبية. وأود تطبيق ما أنفق عليه الأطباء والباحثون الكثير من الجهد والوقت ليثبتوا فعاليته وأنه لن يضيف أذية أخرى إلى ابني.» و‹نيكولاس› الآن في التاسعة من العمر، وعلى الرغم من أنه لا يستطيع الكلام، فإن المعالجة السلوكية علمته استخدام الإشارات البدنية عندما يحتاج الذهاب إلى الحمام. إنه يستطيع الآن غسل يديه والجلوس بهدوء في المطعم خلال وجبة العشاء والمشي عبر الممشى في مخزن بيع الأدوية والسلع الأخرى من دون أن يلوح بيديه. ويتابع ‹مايكل› [وهو مضاربٌ في بورصة وول ستريت وعمره 45 سنة]: «من الواضح أن هدف عائلتي ومعظم العائلات الأخرى هو أن نعيش حياة طبيعية بقدر الإمكان، والطبيعي هنا أن نذهب لتناول العشاء كأسرة.»

لم يكن مسارُ ‹J. ليدلر› إلى المكان ذاته بالاستقامة ذاتها. فمع أنه قبل معالجات بديلة من أجل ابنه، فقد حاول أيضا تشجيع الممارسين الذين كانوا يحتاجون إلى تطبيق صرامة العلوم الأساسية في تقييم مثل تلك الخيارات. ويقول: «لقد سعيت إلى التركيز عليها بصورة أكثر من خلال سؤالهم في كل مرة. هل تم استخدام الشواهد؟» وابنه الأكبر الآن في السابعة عشرة من العمر، وهو لن يتمكن أبدا من العيش باستقلالية، ولكن ابنه الأصغر سنا كان أوفر حظا وتم إلحاقه بمدرسة متوسطة نظامية. ويقول ‹ليدلر› (51 سنة) عن العلاجات الكثيرة التي استخدمتها أسرته: «إنها شكلٌ من أشكال **الشامانية**[1] shamanism تحت غطاء علمي.» والكثير من الآباء اليائسين يتمنون أن يجد العلم يوما دواء أنجع. ■

(1) shamanism شامانية: اعتقاد راسخ بقوى خارقة للطبيعة تؤثر في الأشياء الطبيعية، فالشامانية في هذا التعريف تستند إلى فلسفة تقول «إن الأشياء تحدث بأسباب غير الأسباب الطبيعية.» (التحرير)

مراجع للاستزادة

Autism Genetic Resource Exchange, an open-access registry of DNA from families with autism: **www.agre.org**
Autism Speaks advocacy group, funded research: **www.autismspeaks.org/science/science_news/index.php**
U.S. Centers for Disease Control and Prevention overview of research and parent information: **www.cdc.gov/ncbddd/autism/index.html**

Scientific American, October 2010

داء الألزهايمر: إعاقة الظلام[*]

يمكن للتدخل قبل ظهور الأعراض أن يكون مفتاحا لإبطاء أو إيقاف السبب الرئيس للعتاهة[1].

<G. ستيكس>

مفاهيم مفتاحية

- مازال معدل حدوث داء الألزهايمر بارتفاع مع زيادة عمر الناس، ومازلنا نفتقر إلى علاجات ناجعة له.
- قد يرجع سبب فشل بعض الأدوية الحديثة هو أنها جُربت في مرحلة متأخرة من المرض.
- قد تتيح التقنيات الجديدة للكشف عن المرض قبل ظهور أعراضه، اختبار الأدوية في مرحلة تكون فيها أكثر فعالية.

محررو ساينتفيك أمريكان

يأخذ الكاتب الكولومبي <G. G. **ماركيز**>[2]، في تحفته السحرية الواقعية «***مئة عام من العزلة***[3]»، القارئ إلى قرية ماكوندو في الغابة الأسطورية بمشهد كثير التردد، حيث يعاني السكان فقدانا كليا للذاكرة. وهذه العلة تمحو «اسم ومفهوم الأشياء وأخيرا هوية الأشخاص». واستمرت هذه الأعراض إلى أن أحَضر غجري مسافر شراباً «معتدل اللون» أعاد إلى السكان عافيتهم.

أما في القرن الحادي والعشرين، وفيما يقابل ما حدث لأهالي بلدة ماكوندو، تمكن مئات عدة من سكان مدينة ميديلين الكولومبية، القريبة من مناطق زراعة البن، من الحصول على فرصة المساعدة على البحث عن النسخة الواقعية للوصفة الغجرية، حيث تعتبر ميديلين وضواحيها أكبر تجمع في العالم للأشخاص الذين يعانون داء الألزهايمر الوراثي. ويعاني 5000 عضو من 25 عائلة ممتدة من داء الألزهايمر المبكر الذي يبدأ عادة قبل عمر الخمسين، إذا تشكل لديهم **مثوى**[4] لنسخة شاذة لجين معين.

وتنتشر جينات داء الألزهايمر المبكر بشكل **وراثة سائدة**[5]، فيكفي إصابة أحد الأبوين لظهور المرض عند الأبناء. ومع أن هذا النمط يشكل 1% فقط من 27 مليون حالة بالعالم مدونة عام 2006، إلا أن علامات المرض في الدماغ تبدو مماثلة لتلك عند الشكل المتأخر الأكثر شيوعاً والذي لا يظهر فيه المرض إلا بعد الـ 65 من العمر.

وقد جذب إمكان ظهور المرض في أُسَرِ ميديلين انتباه العلماء والشركات الدوائية الذين يسعون إلى تطبيق منهج جديد في الأبحاث وذلك باختبار الأدوية على المرضى قبل ظهور علامات العتاهة.

لقد فشل في السنوات الأخيرة عدد من الأدوية المرشحة لعلاج الحالات الخفيفة أو المتوسطة من داء الألزهايمر. ويعتقد الباحثون أن معظم أعراض الداء - من تراكم البروتينات الشاذة أو فقدان الخلايا أو الدارات - يبدأ قبل ظهور فقدان الذاكرة بوقت طويل. وقد أكدت التقانات الجديدة هذا الإدراك المتنامي من خلال إمكان رصد هذا المرض لسنوات قبل ظهور الأعراض.

وعلى ذلك، فإن البدء بالعلاج خلال سنوات تطور المرض مع بقاء الذاكرة سليمة، يؤدي إلى زيادة نسبة نجاحه. وهكذا، فهناك تحول نحو محاور البحث بداء الألزهايمر نحو السيطرة على المرض قبل ظهور الأعراض، ليس بالأدوية فقط بل بتغيير نمط الحياة الذي من شأنه أن يكون

(*) ALZHEIMER'S: FORESTALLING THE DARKNESS
انظر: «*إيقاف داء الألزهايمر*»، مجلة العلوم، العددان 9/8 (2006)، ص 38، «*داء الألزهايمر*»، العددان 4/3 (2001)، ص 38.

(1) dementia
(2) Gabriel Garcia Marquez
(3) *One Hundred Years of Solitude*
(4) harbor
(5) dominant genetic trait



أكثــر أمانا وأقل تكلفة من تناول الدواء لمدة 10 أو 20 سنة.

بداية مبكرة(*)

تقف أُســر داء الألزهايمــر الكولومبية بالطليعة للأبحاث الوقائية. بدأ <F. لوپيرا>، وهــو طبيب الأعصاب الــذي كان قبل 28 ســنة أول من قابل الأســر التي اكتُشف فيمــا بعد أنهــا تحمل طفــرة ***البيـيزا***[1] *Paisa*، بالاتصــال بمئات الأفراد الأصحاء

(*) An Early Start

(1) طفــرة فــي أحد الجينــات موجودة لدى أفــراد العائلات المذكورة، وقد سميت كذلك نسبة إلى شعوب تلك المنطقة.

من تلك الأسر. فقد كان يرغب في معرفة استعدادهم للمشاركة في دراسة أحد الأدوية الذي يهدف لإزالة أو إيقاف تراكم شظايا بروتين سام تدعى **ببتيدات البيتا أميلويد** amyloid-beta peptides التي تُتلف الخلايا الدماغية بمرحلة مبكرة من المرض. ويقول >لوبيرا<: «إن المساهمة المقدمة من تلك الأسر قد تلقي الكثير من الضوء على العلاج والوقاية من داء الألزهايمر بشكليه المبكر والمتأخر حدوثهما.»

كان المخطط لهذه الدراسة أن تبدأ عام 2011 كجزء من جهود أوسع تدعى **مبادرة الوقاية من الألزهايمر**[1] (API)، وفيها يتلقى أفراد الأسر الحاملين لهذه الطفرة بعمر الأربعين علاجا مضادا للأميلويد (دواءً أو لقاحا) سبق اختبار سلامته عند مرضى الألزهايمر. وبدأت المباحثات لإرسال **سيكلوترون**[2] cyclotron تتشارك فيه مجموعة من مستشفيات ميديلين لصنع **معقبات الفاعلية المشعة** radioactive tracers اللازمة لدراسة الصور التي ستكشف ما إذا كان الدواء يحول دون تراكم الأميلويد.

ستقيّم هذه الدراسة قدرة العلاج على إيقاف أو تأخير التطور الحتمي الصامت لهذا المرض، إذا تم إعطاؤه سبع سنوات قبل العمر الوسطي لظهور هذا المرض عند أفراد الأسر الحاملين للجين. وقد خطط المصممون للدراسة الكولومبية لمعرفة فائدة التحري عن **الواسمات البيولوجية**[3] biomarkers النوعية لداء الألزهايمر عند قياس فاعلية الأدوية المُختبرة، إضافة إلى اختبار أدوية محددة. ووجود واسمات بيولوجية موثوقة يسمح للأطباء والباحثين في مجال الأدوية بتقييم نجاح العلاج بشكل أسرع نسبيا وذلك من خلال قياس

(*) THE COMING FLOOD

(1) Alzheimer's Prevention Initiative

(2) مُسرِّع جسيمات صغيرة.

(3) مؤشرات مقيسة مثل تركيز بروتين معين يتغير تركيزها بتطور أو تراجع المرض.

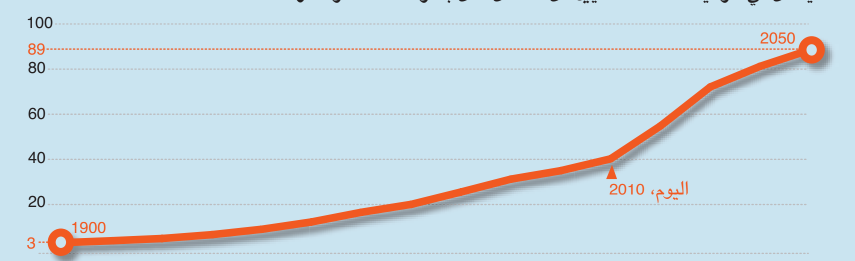
[أرقام داء الألزهايمر]

الطوفان القادم(*)

مع تقدم عمر السكان في الولايات المتحدة الأمريكية؛ وكذا بسائر دول العالم؛ فإن عدد الحالات الجديدة لداء الألزهايمر سيرتفع بشدة؛ حيث تزداد نسبته مع تقدم العمر. ويُقدّر عدد كبار السن في الولايات المتحدة في عام 2010 بـ 39 مليون نسمة، وسيتضاعف العدد ليصل إلى 89 مليون نسمة في عام 2050.

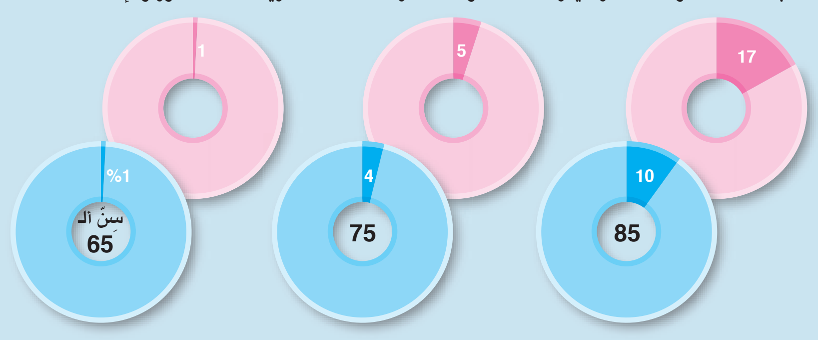
شيخوخة الجماهير ...

يسكن في الولايات المتحدة ملايين من السكان ممن بلغوا 65 سنة أو أكثر.



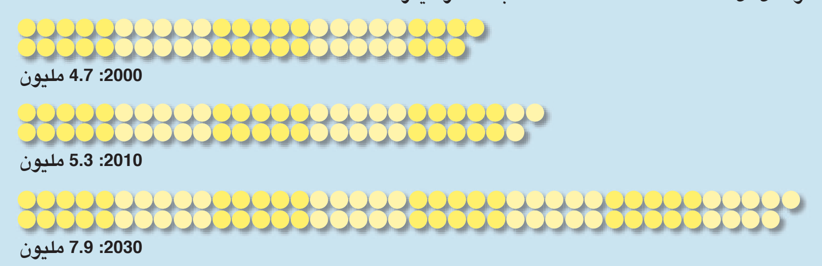
... العمر هو أكبر عامل خطورة لحدوث داء الألزهايمر ...

نسبة احتمال حدوث داء الألزهايمر خلال السنوات العشر القادمة لفئة عمرية محددة للذكور والإناث.



... وهكذا، فإن عدد الحالات بازدياد

سيزداد عدد الحالات التي تشخص بداء الألزهايمر بنسبة 50% خلال العشرين سنة القادمة، وتمثل كل نقطة 100 000 نسمة مشخصة بداء الألزهايمر.





التغيرات في هــذه المعايير الصامتة بدلا من انتظار حــدوث الأعــراض الظاهرة. وتخطــط المبــادرة API لإجــراء تجارب مشـــابهة على عينة مـــن الولايات المتحدة مكونة من حاملي نسختي **الجين المتحول** *APOE4* gene variant التـــي ترفع احتمال التعرض لـــداء الألزهايمر لكنها لا تضمن الإصابة به.

وفي حـــال نجـــاح ذلـــك، ســـتخدم المبـــادرة API كنموذج لصنع الواســـمات البيولوجيـــة اللازمة لأبحـــاث الوقاية من داء الألزهايمـــر. ويتطلـــب إثبـــات نجاح دواء للوقايـــة من مرض معين، وقتا أطول وتكلفة أكثر من تأكيد فاعليته عند المرضى المصابين به. «ولن تستثمر شركات الأدوية فـــي تجارب وقائية طويلة بمواد غير مثبتة الفاعلية» كما لاحظت <M. كاريو> [كبيرة مديري العلاقات الطبيـــة والعلمية برابطة داء الألزهايمر].

ومـــع توفـــر مجموعـــة من الواســـمات البيولوجية، تســـتطيع شـــركات الأدوية أن تفحـــص مســـتوى الأميلويد أو أي واســـم بيولوجي بالطريقة نفســـها التي يفحص بها الطبيب مســـتوى الكوليسترول بالدم لقياس فيما إذا كانت **الســـتاتينات**[٢] تســـاعد على الـوقـايـــة مـــن أمـــراض القلـــب. ويقـــول <E. M. ريمـــان> [المدير التنفيـــذي لمعهد بانر الألزهايمر في فينكس الـــذي أطلق المبادرة API مـــع زميله <P. N. تاريـــوت>]: «يجب أن نتقدم بأدوية ما قبل ظهـــور الأعراض، وإلا فإننا سوف نخسر جيلا بأكمله.»

ويشكل التحدي الأكبر للأبحاث الوقائية صعوبة مقارنة حدوث آثار جانبية حتمية من الأدوية باحتمال فائدة هذه الأدوية عند مريض لا يعاني أية أعراض. بل وأكثر من ذلك، لا أحد يســـتطيع التنبؤ بأن الأدوية الفاعلة فـــي الوقاية مـــن داء الألزهايمر المبكر ستكون فاعلة عند مريض لا توجد لديه طفرة جينية لحـــدوث المرض المبكر. ولكن الحـــاجة الماسة إلى إيجاد علاجات جديدة – مع إغراء الحصول على دواء يتيح جني بضعة بلايين من الدولارات – أعطت دفعا قويا باتجاه اســـتراتيجيات الوقاية. وقد عقد اجتمـــاع تنظيمي للمبادرة API في الشهر 2010/1 ضم تسع عشرة شركة دوائية وشركات تقانة حيوية من الولايات المتحـــدة وأوروبـــا، عقد فـــي فندق مطار فينكس لمناقشـــة إمكانية تشكيل شراكة غير تنافســـية بين المؤسسات الأكاديمية والصناعيـــة تتعاون في إجراء دراســـات سريرية وتتشارك النتائج بحرية.

ومع أن ثمة علاجات لـــداء الألزهايمر، ولكنهـــا تفعل القليل من ناحية تأخير تطور المـــرض. وتلتقي الحـــاجة إلـــى علاج معدل للمـــرض مـــع حاجة ملحـــة إليه مـــن قبل

100 عام في البحث[*]

1906 : كان المعالج النفسي الألماني <ألويس ألزهايمر>[١] هو أول من وصف اللويحات **plaques** خارج الخلايا والتجمعات المتشابكة **tangles** في العصبونات التي تميز هذا المرض اعتمادا على تشريح الدماغ.

بعد خمسين عاما: اعتبر فقدان الذاكرة والأعراض الأخرى للهرم أنها ناجمة عن التقدم الطبيعي للعمر.

الستينات : توثقت العلاقة بين تراجع الإدراك وعدد اللويحات والتجمعات المتشابكة في الدماغ.

الثمانينات : بدأ الباحثون بكشف أسس الكيمياء الحيوية لتشكيل اللويحات والتجمعات المتشابكة.

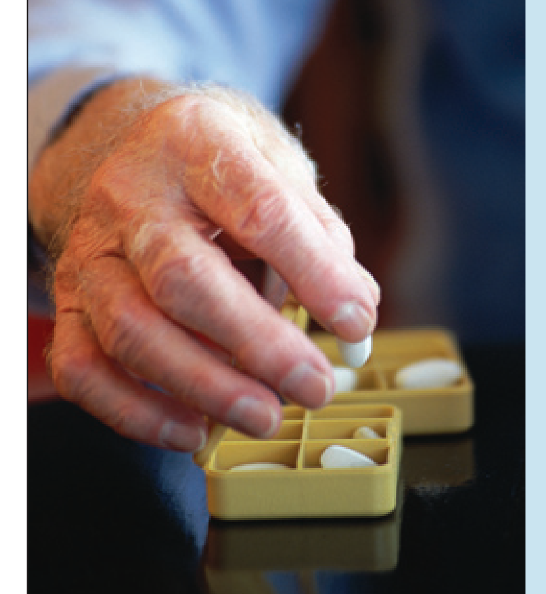
التسعينات : حددت اكتشافات عدة العوامل الجينية وراء هذا المرض، كما ظهرت في الأسواق أول أدوية لتحسين الأعراض.

الألفينات : تمكن العلماء من تتبع مسار المرض من خلال التصوير وعينات السائل الدماغي الشوكي. وفشلت أدوية عدة في التجارب السريرية؛ مما دفع الكثيرين إلى الوصول إلى فكرة الحاجة إلى علاج مبكر.

[الأدوية في الوقت الحاضر]

بعض الفرج، ولكن ليس كافيا[**]

تعالج الأدوية الراهنة أعراض نقص الإدراك فقط دون أن تؤثر في آلية تطور المرض، وتُحدث تأثيرها لفترة محدودة فقط تتراوح بين أشهر وسنوات قلائل.



صنف الدواء :
مثبطات إنزيم الأستيل كولين إستريز (مثل دونيبزيل **donepezil** وكالانتامين **galantamine**)

مفعول الدواء :
يضبط عمل إنزيم الأستايل كولين إستريز؛ مما يرفع تركيز مادة الأستايل كولين بالدماغ. وتُحسِّن هذه الزيادة من الإدراك والمزاج العام والسلوك؛ ومن ثم تتحسن الوظائف اليومية.

صنف الدواء :
معاكسات مستقبلات **NMDA** (دواء واحد: ميمانتين **memantine**)

مفعول الدواء :
يساعد على ضبط نشاط الكلوتاميت **glutamate** المفرط وهي المادة الكيميائية التي تؤدي إلى موت العصبونات من خلال الارتباط بها. ولا يتدخل الدواء في تراكم الآفات الخلوية التي تؤدي إلى تطور المرض.

(*) 100 Years Of Research
(**) Some Relief, But Not Enough
(١) Alois Alzheimer
(٢) statin

[التطور باتجاه الوقاية]

أدوات جديدة تكشف علامات مبكرة صامتة(*)

تبدأ عملية تطور المرض الكامنة في داء الألزهايمر (*الأسفل*) قبل ظهور أعراضه بسنوات. ويمكن للباحثين في الوقت الراهن تعقب ذلك عند المرضى بأدوات - تشمل تصوير الدماغ وفحص السائل الدماغي الشوكي (*أقصى اليسار*) - وهذه الأدوات تراقب الواسمات البيولوجية المتعلقة بداء الألزهايمر، وهي تغييرات بيولوجية تحدث عادة في سياق المرض (مثل زيادة مستويات البروتينات السامة). ويأمل الباحثون في يوم ما بأن يحدد فحص الواسمات البيولوجية البدء المبكر للمرض، ومن ثَمّ فإن الشروع في العلاج في هذه المرحلة قد يؤخر أو يمنع ظهور العتاهة.

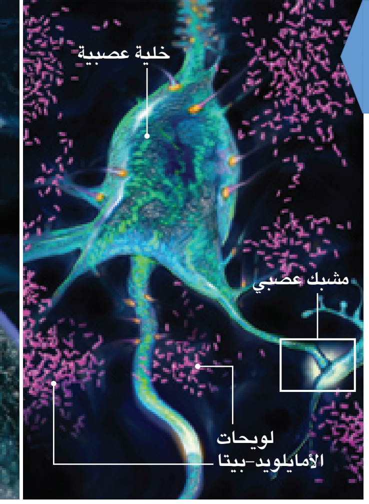
تراكم الأميلويد

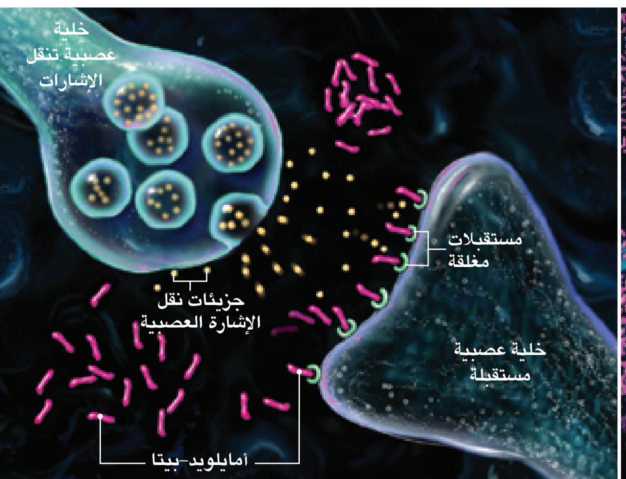
5 - 20 سنة قبل التشخيص

عتاهة الألزهايمر

يتجمع في المراكز الدماغية المسؤولة عن تشكيل الذاكرة الحديثة وبوقت مبكر من المرض شظايا بروتينية تدعى بيتا أميلويد، فينجم عن تراكم الأميلويد - وهو واسم بيولوجي يمكن التحري عنه من خلال وجود اللويحات - تخرب المشابك synapses الواصلة بين العصبونات (*انظر التفاصيل*).

يعيق الأميلويد الإشارات الكيميائية (النواقل العصبية) من الوصول إلى المستقبلات بالعصبونات المستقبلة. ويمكن التقاط تراكم الأميلويد بعدة طرق من التصوير العصبي تشمل تصوير انبعاث البوزيترون المقطعي بت PET[1]، الذي يتحرى الفاعلية الإشعاعية لمركب يتسبرگ -B التصويري الذي يرتبط بالأميلويد بشكل نوعي. كما يمكن استخدام السائل الدماغي الشوكي لعيار الواسم البيولوجي الأميلويدي.



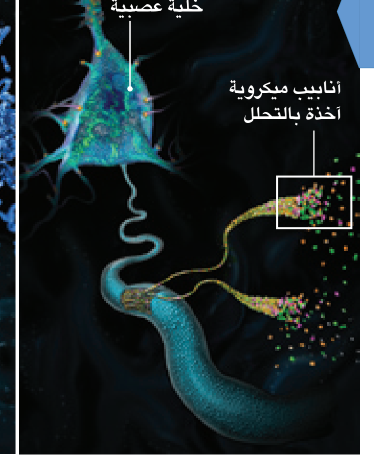


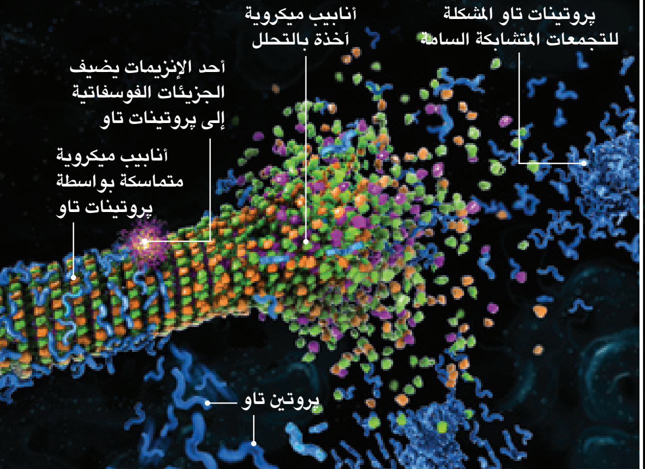
تراكم تاو Tau

1 - 5 سنوات قبل التشخيص

يبدأ البروتين تاو الموجود داخل الخلايا العصبية بإساءة التصرف قبل ظهور أعراض كافية لتشخيص داء الألزهايمر.

في الحالة الطبيعية، يساعد بروتين تاو على الحفاظ على هيكلة الأنابيب الدقيقة (ميكروتيبول microtubules) الضرورية للعمل الصحيح للعصبونات. أما في حالة المرض، فتتراكم مركبات فوسفورية على البروتينات تاو (*انظر التفاصيل*) ومن ثم تنفصل عن الأنابيب الدقيقة. تمضي هذه الأنابيب قدما بالتفكك الأمر الذي يؤدي إلى تراكم التاو، مشكلا معقدات تتدخل بالعمل الخلوي. يمكن لعينة من السائل الدماغي الشوكي أن تتحرى عن هذه العملية.

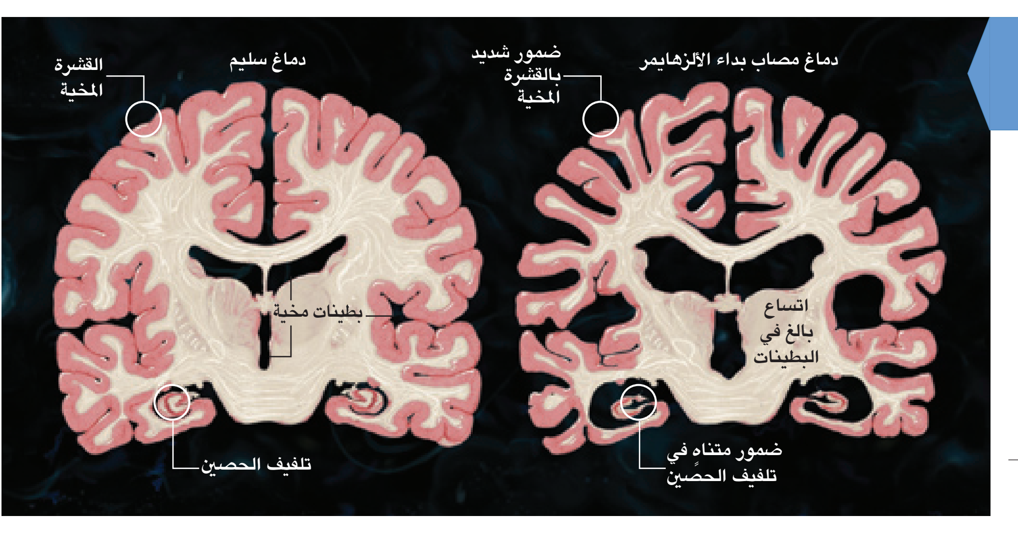




ضمور الدماغ

1 - 3 سنوات قبل التشخيص

تبدأ الخلايا بالموت مع تطور عملية المرض ويلاحظ المريض والأسرة وجود هفوات بالذاكرة وعناصر الإدراك الأخرى. ويؤدي موت الخلايا لضمور الدماغ بالأماكن المسؤولة عن الذاكرة (تلفيف الحصين hippocampus) ووظائف الدماغ العلوية (قشرة المخ)، وبالتالي يمكن متابعتها من خلال تصوير الدماغ بالرنين المغنطيسي الذي يقيس حجم الدماغ. و بالنهاية يتسارع هذا الضمور ليشمل أماكن عديدة من الدماغ.



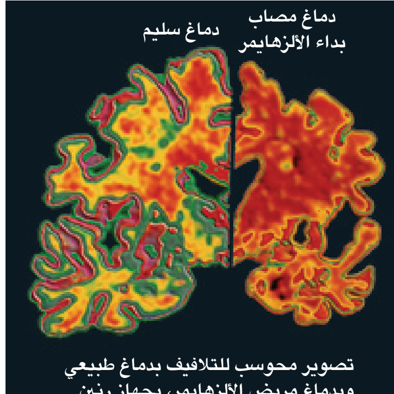
(*) NEW TOOLS DETECT SILENT EARLY SIGNS
(1) positron-emission tomography

تقانات الواسم البيولوجي



يظهر تصوير بيت زيادة تراكم معقد بيتا-أميلويد PIB بالفص الجبهي من الدماغ خلال سنتين، عند شخص عمره 74 سنة مع بقائه سويا من الناحية الإدراكية.





تصوير محوسب للتلافيف بدماغ طبيعي وبدماغ مريض الألزهايمر، بجهاز رنين مغنطيسي حجمي، يظهر الضمور الكبير (على اليمين) الناجم عن تنكس وموت الخلايا العصبية.

للمرضى. ويتوقع الإحصائيون أن انتشار هذا المرض سيتضاعف أربع مرات خلال منتصف القرن الحالي ليصل إلى 107 مليون مصاب. وإن إيجاد علاج يؤخر ظهور المرض ولو لخمس سنوات سيقلل عدد وفياته إلى النصف.

داخل رأسك[*]

لقد اعتبرت تجارب الوقاية من داء الألزهايمر المستندة إلى الواسمات البيولوجية ضربا من الخيال لمدة قريبة لا تتجاوز خمس سنوات. ويمكن لتلك المساعي أن تثمر الآن، بسبب تطور وسائل التصوير ولتقانات الأخرى بالعالم، بحيث يمكننا متابعة الواسمات البيولوجية لكشف الطبيعة الأصلية للمرض. وقد تأسست **مبادرة التصوير العصبي لداء الألزهايمر** (ADNI)[1] منذ عام 2004 في الولايات المتحدة، وهي عبارة عن تعاون بين شركات الأدوية والمؤسسات التعليمية والمعاهد العالمية للصحة (NIH)، لتطوير طرق أفضل لتقييم فاعلية الأدوية المختبرة عند المرضى المصابين بهذا الداء الأمر الذي سرعان ما تطور للبحث عما يحدث في الفترة السابقة على التشخيص الفعلي.

وبتاريخ 2010/1/21، صدر تقرير مثير للاهتمام يتعلق بالتطور في هذا المجال أعده <C. R. جاك> [رئيس مجموعة دراسة الواسمات البيولوجية بالتصوير **بالرنين المغنطيسي** (MRI)[2] التابعة للمبادرة ADNI] يصف فيه نموذجا لتطور المرض وربط ذلك بواسمات بيولوجية يبدو أنها قادرة على تتبع هذا الإمراض. وقد عرض <جاك> النتائج التي توصل إليها في هذا المجال على الوب في الندوة **الزفروم**[3] Alzforum.

في تلك الندوة على الوب، لاحظ <جاك> أن قياس الواسمات البيولوجية أظهر أن فاعلية المرض تبدأ قبل سنوات من ظهور أعراضه، التي تمكننا من تشخيصه. خلال هذه الفترة المقدرة من خمس إلى عشرين سنة، يبدأ نوع معين من پپتيد الأميلويد بالتراكم خارج الخلايا الدماغية فيخرب **المشابك** synapses، وهي نقاط الوصل بين **العصبونات (النيورونات)** neurons. ويمكن لجزيء تتبع مشع (مثل مركب پتسبرگ بالتصوير B- (PIB)، أن يرتبط بالأميلويد في دماغ المريض ثم تصويره بتقانة التصوير بيت PET (**راسم انبعاث البوزيترون**[4]). وقد أظهر هذا التصوير أن عملية التراكم تبدأ بشكل واضح قبل ظهور الأعراض.

لاحقا، وقبل الوصول إلى التشخيص، تبدأ پروتينات تدعى **تاو** tau، وهي پروتينات تساعد على توفير دعم هيكلي للعصبونات، بالانفصال عن **السقالات الخلوية**[5] وتتكتل في تجمعات متشابكة، تعيث فسادا داخل الخلايا. ويمكن التحري عن تراكم پروتين تاو من خلال فحص السائل الدماغي الشوكي. ويمكن تحري انخفاض نسبة بيتا أميلويد بهذا الاختبار، ويحدث هذا الانخفاض عندما يزال هذا الپپتيد من السائل الدماغي الشوكي ليشكل ترسبات في الدماغ. ويشكل نقص مستوى بيتا أميلويد مع زيادة پروتين تاو بالسائل الدماغي الشوكي علامة قوية على تقدم فاعلية المرض.

قبل ظهور داء الألزهايمر بسنة لأربع سنوات، تبدأ حالة تسمى **الضعف الإدراكي البسيط**[6] (MCI)، وتتميز هذه الحالة بمجموعة من الأعراض تتراوح بين فجوات في الذاكرة إلى ضعف باتخاذ القرارات.

(*) Inside Your Head
(1) the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative
(2) magnetic resonance imaging
(3) Alzforum الزوفروم: تجمع يضم رواد البحث في داء الألزهايمر لتبادل الأفكار حوله، ويعتبر مستودعا للمعلومات البحثية وأهم مصدر معلومات للصحفيين حول هذا الداء في كل مكان، وقد أسهم في تأسيس الزوفروم <ل. كينوشيتا> وهو محرر سابق لدى مجلة *ساينتفيك أمريكان*.
(4) positron-emission tomography
(5) the cell's scaffolding
(6) Mild Cognitive Impairment

[حالة العلاج]

لماذا تأخر العلاج؟(*)

سيلاقي أي دواء يوقف أو يؤخر التطور الفعلي لداء الألزهايمر، إقبالا شديدا و فوريا، ويمكن أن تفوق مبيعاته، مبيعات البروزاك prozac أو الليپيتور lipitor. وسبب عدم توفر مثل هذا الدواء في الأسواق، هو أن الباحثين مازالوا يحاولون فهم كيف يمكنهم تغيير الآليات الأصلية للمرض التي تحدث العتاهة.

وتشكل الأدوية التي تمنع تراكم الأميلويد مثالا على ذلك، وهناك دراسات عدة بمراحل مختلفة لأدوية يمكنها أن تمنع تراكم الأميلويد أو تحرض إزالته، ولكن حتى الآن إن جميع دراسات أضداد الأميلويد قد باءت بالفشل. (الجدول بالأسفل يعرض قائمة بالأصناف الرئيسية لأدوية الألزهايمر قيد التطوير). ويتساءل بعض الباحثين فيما إذا كان الاهتمام بالموضوع على بعض الآليات المتعلقة بهذا الاضطراب قليل. و من بين مئات الأدوية قيد التطوير هناك أدوية واعدة موجهة للپروتين تاو المخرب للخلايا. وهناك أدوية تهدف إلى إيقاف الالتهاب، أو زيادة عمل المتقدرات mitochondria، أو زيادة مستوى الأنسولين بالمخ، أو تأمين الحماية للعصبونات. آخر فشل رفيع المستوى كان لدواء يدعى ديميبون Dimebon وهو دواء استهدف الأميلويد. وأخيرا قد يكون لإشراك عدة عناصر لإبطاء أو إيقاف داء الألزهايمر، كما هو الحال بحالات السرطان أو الإيدز، هو الحل المناسب.

أدوية قيد الدراسة	آلية عمل هذه الأدوية
مثبطات الأنزيمات التي تنتج بيتا أميلويد	هذه المثبطات تعوق أو تعدل من عمل الأنزيمات التي تقطع پروتينا كبيرا (پروتين طليعة الأميلويد) بطريقة تطلق پپتيدات البيتا أميلويد.
لقاحات أو أضداد تزيل البيتا - أميلويد	هي لقاحات تحرض الجسم على إنتاج أضداد تتحد بالأميلويد وتزيله من الدماغ. ولكن لسوء الحظ، أنتج كل من اللقاحات والأضداد آثار جانبية متفاوتة الخطورة عند بعض المرضى.
معوقات تجمع البيتا أميلويد	وهي عناصر تمنع شظايا الأميلويد من التكتل وبالتالي تمنع تلف الدماغ.
أضداد معقدات تاو	تسلك هذه العناصر مناهج عدة، مع قلة عددها لمقارنة بتلك التي تستهدف مسار الأميلويد، مثل إعاقة إنتاج السموم من الپروتين تاو أو تمنع تجمعه بمعقدات.
الواقيات العصبية	استراتيجيات متعددة تهدف إلى دعم الكيمياء الطبيعية للدماغ لتعزز صحة العصبونات. إحدى هذه الطرق هي نقل جين إلى الدماغ للبدء بإنتاج مواد واقية.

ويمكن للضعف الإدراكي MCI أن ينجم عن أسباب أخرى غير داء الألزهايمر، ولكن في الحالات السابقة لداء الألزهايمر تكون الأعراض ناجمة عن موت أو تلف عصبونات في مناطق محددة من الدماغ، ويتسارع هذا الضياع مع الوقت. (وغالبا ما تطور الحالة إلى داء الألزهايمر، إذا كان اضطراب الذاكرة هو العرض البدئي). ويمكن تتبع هذه الحالة تصويريا **بمرنان الدماغ الحجمي** Volumetric MRI الذي يقيس ضمور الدماغ الناجم عن موت العصبونات . تتم مراقبة تتابع الأحداث بما في ذلك بداية تراكم الأميلويد واضطراب **استقلاب**(1) الخلايا، بأحد أشكال تقانة پت PET **بالفورودوكسي گلوكوز-پت**(2) الذي يقدر الحالة الاستقلابية للعصبونات.

ولكن هل تتحسن حالة المريض؟(**)

واستخدام الواسمات البيولوجية كأساس للأبحاث السريرية الوقائية كان بمثابة تحدٍ للشركات الدوائية وللمشرعين – الأمر الذي شكل عائقا للمضي قدما بالمبادرة API والجهود الوقائية الأخرى. ولكي نحصل على موافقة لدواءٍ الألزهايمر، علينا أن نثبت أن هذا الدواءَ يحسن حالة الإدراك لدى المريض (في الذاكرة أو اللغة أو التدابير المتعلقة بذلك) أكثر من الأدوية **الغفل** placebo.

وإذا لوحظ في البحث الوقائي واسم بيولوجي بدلا من الأعراض، يتعين على الباحثين أن يتأكدوا من أن الإجراءات تنذر بأن الشخص قيد الدراسة هو عرضة للعتاهة. فمثلا، لا يعرف الباحثون بعد ما إذا كان التغيير بنسبة البيتا أميلويد سوف يقي من العتاهة، وذلك مع أن حجم الأدلة الكبير يقترح إسهام البيتا أميلويد بتطور المرض.

وفي الحقيقة، لم تستطع دراسة مبكرة عن البيتا أميلويد، إثبات تحسن الإدراك عند بعض المرضى الذين تم خفض نسبة هذا الپپتيد لديهم. ويقول <R. كاتز> [مدير قسم المستحضرات العصبية بإدارة الغذاء والدواء]: «نحن قلقون من أن الدواء الذي لدينا يؤثر في الواسمات البيولوجية من دون أن يغير من الحالة السريرية للمريض؛ أي إن المرض يستمر

(*) WHY TREATMENTS LAG
(**) But Does the Patient Get Better?
(1) عملية التمثيل الغذائي.
(2) fluorodeoxyglucose-PET

بالتقدم من دون الحصول على أي تحسن لدى المريض». وقد يكون من المناسب تعديل منهج الأبحاث السريرية بإدراج الواسمات البيولوجية فيها، وبدلا من ذلك محاولة إثبات أن تخفيض نسبة الأميلويد أو أي واسم بيولوجي آخر يُحسِّنُ حالة مرضى الضعف الإدراكي MCI أو المرضى المشخصين حديثا بالألزهايمر. ويقول ‹كاتز›: «برأيي إن أحسن طريقة لتحقيق ذلك هي الشروع مع المرضى عند بداية ظهور الأعراض لديهم.»

ويؤكد الباحثون في الدراسة الكولومبية الوقائية أنهم قادرون على استخدام الواسمات البيولوجية لتحري التغييرات الطفيفة بالذاكرة ومن ثـمّ طمأنة ‹كاتز›. ويستشهد ‹ريمان› بدراسة لمجموعته قد تخفف من قلق المنظمين. وفي هذه الدراسة، بينت المجموعة أن لدى حاملين الجين المغاير *APOE4* تراجعا في أداء الذاكرة بالاختبارات النفسية لسنوات عدة قبل ملاحظة العجز الإدراكي. وهذا يعني أنه يمكن لتطبيق الاختبارات الإدراكية جنبا إلى جنب مع الواسمات البيولوجية في التجارب الوقائية، أن يدلنا على ما إذا كان التوقع بتجنب العتاهة آخذ بالتحسن بانخفاض مستوى الأميلويد على سبيل المثال. ولكن ‹كاتز› مازال بحاجة إلى إقناع، فهو يقول: «ما الدليل على أن هؤلاء المرضى الذين تراجعت حالتهم الإدراكية، سوف يصابون فعلا بداء الألزهايمر؟»

وبالفعل تحاول بعض الشركات تحقيق فهم أفضل لكيفية استخدام الواسمات البيولوجية. وقد شرعت شركة **بريستول ماير سكويب**[1] في أخذ عينات من السائل الدماغي الشوكي عند المرضى بالضعف الإدراكي MCI، وذلك كمحاولة للتنبؤ بالحالات التي يمكن أن تتطور إلى داء الألزهايمر. وتتأهل الحالات التي يظهر لديها انخفاض بمستوى البيتا أميلويد مع ارتفاع التاو، للمشاركة بدراسة دواء يحصر أنزيما يدعى **كاما سيكريتاز** gamma secretase، يشترك في إنتاج پپتيد بيتا أميلويد. ويقول ‹V. كوريك› [المدير الطبي للأبحاث العلمية السريرية العالمية في شركة بريستول ماير سكويب]: «إن انعدام وجود الواسمات البيولوجية المرتبطة بالفيزيولوجيا المرضية لداء الألزهايمر، يمنعك من الدخول بالذراع العلاجي بدراستنا.» والقدرة على استهداف المرضى فقط المعرضين لأن يشخصوا بداء الألزهايمر، تُيسِّر تقييم فاعلية الدواء. وستكون النتائج أقل وضوحا إذا تضمنت الدراسة مشاركين أقل احتمالا بالإصابة بهذا الداء. ويضيف ‹كوريك›: «باستشراف المستقبل، ربما يمكننا الشروع في دراسة الأدوية في وقت أبكر خلال المرحلة قبل السريرية».

حانوت الإدراك(*)

لقد عملت عائلات الألزهايمر الكولومبية بمركز المبادرة API كمصدر إلهام لمنهج وقائي مبتكر آخر، حيث قام عالم الأعصاب ‹S. K. كوسيك›، الذي عمل مع العائلات الكولومبية لقرابة العشرين عاما وساعد على تحديد طفرة *پيزا*، في العام الماضي بتأسيس مايدعى «حانوت الإدراك» في حي سانتا باربرا السكني بكاليفورنيا. وكان ‹كوسيك› هو الذي رتب الاجتماع المحوري في ميدلين لضم ‹لوپيرا› والأسر الكولومبية إلى المبادرة API.

يعتبر حانوت الإدراك، الذي عُرف سابقا **بمركز اللياقة الأدراكية والعلاجات المبتكرة** CFIT[2] ملاذا للذين لديهم شكاوى بسيطة بالذاكرة التي تسبق في بعض الأحيان الظهور الكامل لداء الألزهايمر، وللقلقين على صحتهم؛ حيث يذهبون إلى مبنى مشابه لمباني منطقة البحر الأبيض المتوسط، للحصول على نصيحة مبينة على أفضل الأدلة المتوافرة،

(*) A Cognitive Shop

(1) Bristol-Myers Squibb

(2) Cognitive Fitness & Innovative Therapies

لقد أدى غياب الأدوية الفعالة إلى قيام بعض الباحثين والأطباء بسبر مدى فائدة الحمية الغذائية مع التمارين الرياضية والذهنية كخطوات وقائية.



طبيب الأعصاب <F. لوبيرا> (يؤشر بإصبعه اليسرى) هو الذي أنشأ قواعد الرعاية لأكبر تجمع بالعالم للعائلات التي لديها الشكل الوراثي لمرض الألزهايمر في عيادة بميدلين، كولومبيا. عمل المنهج العلاجي الذي وضعه <لوبيرا> وزملاؤه بالمجتمعات المحلية، على إلهام فكرة «حانوت الإدراك» في سانتا بربارا (*إلى اليمين*)، الذي يدخل العملاء فيه ضمن برامج رياضية وأنشطة أخرى تهدف إلى الحد من خطر حدوث العتاهة.

حول تغيير نمط الحياة لدرء شبح العتاهة أو للتأقلم معها بشكل أفضل إذا حدثت.

حصل <كوسيك> على فكرة المركز CFIT من Casa Neurociencias وهي عيادة خارجية أقل فخامة وتقع بالقرب من المستشفى المركزي بميدلين، حيث أمضى ساعات عديدة يعمل مع <لوبيرا>؛ وفيها يقطع مرضى الألزهايمر المصابون بطفرة *بييزا* مع دستات من أفراد عائلتهم أحيانا، رحلة طويلة بالحافلة من الريف لقضاء يوم فسحة خارج العيادة، لتسهيل التواصل بين الفريق الطبي وأفراد عائلة المرضى. ويقول <كوسيك>: «كان من اللافت للنظر توافر جانب الرعاية والخدمات المساعدة في نظام طبي غير متطور»

وقد قارن <كوسيك> خلال رحلاته الجو المريح بالكفاءة السريرة المتوافرة في كلية الطب بجامعة هارڤرد، حيث أسهم بإنشاء عيادة اضطرابات الذاكرة في المستشفى Brigham and Women's Hospital قبل أن ينتقل إلى جامعة كاليفورنيا بسانتا باربرا عام 2004. ويقول <كوسيك>: «لقد أصبت بالإحباط من حقيقة قدوم الناس إلى العيادة، فنقول: نعم يبدو هذا الألزهايمر، ثم وداعا»، ويتابع: «كنا نتابعهم كل ستة أشهر من دون أن نتمكن من عمل أي شيء سوى تدوين تدهور حالتهم.»

جمع المركز CFIT الطابع غير الرسمي للعيادة Casa Neurociencias مع التوصيات المتعلقة بنمط الحياة المستمدة من مجموعة الأدلة العلمية التي مازالت قيد التطور والمستقاة من الأبحاث الوبائية أو الأبحاث على الحيوانات، وهي تشير إلى أن السلوكيات المختلفة قد تساعد على الإدراك. وتتبع الوبائيون مجموعات محددة لتحديد فيما إذا كان لممارسة الرياضة أو الحمية أو عدد كبير من الأنشطة الأخرى أي دور بتقليل خطر حدوث داء الألزهايمر، مع أن ثمة حاجة إلى دراسات أكثر صرامة للوصول إلى استنتاجات واضحة.

يُعطى عميل (لا تستخدم كلمة مريض أبدًا) بعد إجراء تقييم فيزيائي ونفسي،

مجموعة من التوصيات الشخصية التي يمكن أن تحتوي على اعتماد حمية غذائية متوسطية (تناول دهون صحية والكثير من الفاكهة والخضار) والالتزام بممارسة التمارين الرياضية والألعاب الذهنية على الإنترنت. ويشارك المركز في بعض الفعاليات التي لم تصبح بعد ممارسة معتادة في أماكن مثل عيادة الذاكرة التابعة لجامعة هارڤرد. وإقرارا بحقيقة الدخول في عصر جديد يحتاج فيه المرضى إلى تحكم أكثر في الرعاية الطبية، تعمل المعالِجة النفسية الإدراكية <T. كيدلاند> **كالربَان** navigator لتوجه الناس عبر خضم المعلومات الطبية على الإنترنت. وتعرض <كيدلاند> على جدار قاعة المحاضرات المظلمة متصفحا الوِب بشكل مضخم، حيث تأخذ العميل صفحة وراء صفحة عبر الدراسات الحديثة والتجارب السريرية المتعلقة بالكركم أو المكملات الغذائية الأخرى التي يُزعم أنها تحمي الخلايا الدماغية، شارحة مدى قوة الأدلة المتعلقة بهذه المادة أو تلك.

ويقوم المركز CFIT بممارسة مثيرة للجدل وهي تنسيق اختبار الجين المغاير *APOE4*. ويُجرى هذا الاختبار بعد التشاور مع العميل عن الآثار المترتبة على معرفة النتائج: وتعني إيجابية الاختبار إمكان أن يحمل الأولاد والأخوة الجين نفسه، ومن ثمّ زيادة احتمال تعرضهم للمرض. وفي حين أن المجموعات الطبية لا تشجع هذا الاختبار، لأن معرفة نوع الجين لا تنبئ بإمكان الإصابة بداء الألزهايمر بشكل يقيني إضافة إلى انعدام وجود علاج فعال له.

وينكر <كوسيك>، الذي أسهم بكتابة الأبحاث المبكرة عن الأثر السُّمّي للپروتين تاو، أنه صار «**طبيبا شعبيا**» hot tub physician يروج الأفكار السطحية. ويؤكد أن مختبراته في جامعة كاليفورنيا بسانتا باربرا مازالت تجري دراسات على الپروتين تاو وأبحاثا في العلوم البيولوجية الأساسية الدقيقة الأخرى. ويهدف المركز CFIT إلى ملء الفجوة إلى أن تستطيع المبادرة API أو بعض المشاريع الأخرى إيجاد دواء أو غير ذلك من التدابير المؤكدة الفاعلية. ويعلق <كوسيك>: «ولا تشكل الحلول التي لدينا أفضل حل، ولكن لانعلم متى سيصل الدواء الذي سيعالج هذا المرض بالطريقة نفسها التي يعالج فيها الپنسيلين العدوى (الإخماج)؛ وأعتقد أنه من اللامسؤولية بمكان الادعاء بوجود علاج قادم خلال السنوات الخمس أو العشر القادمة؛ لأنني لا أعتقد أننا نعرف ذلك.»

وفي السنوات القادمة، ستتلقى مقاربة المركز CFIT للوقاية مزيدا من التدقيق في الأبحاث السريرية الممولة من قبل الحكومة والمصممة لمعرفة فيما إذا كان بوسع الحمية الغذائية والتمارين الرياضية تأخير حدوث المرض، كانت الأدلة الوبائية مجرد مصادفة إحصائية. ويبقى سؤال كبير يتعلق بنمط الحياة وهو ما إذا كان للتدخلات تأثيرات مختلفة عند الناس بأدمغة طبيعية عمن لديهم تغيرات متعلقة بالألزهايمر. «ويمكن لبعض هذه التدخلات أن تقلل من الخطورة، ولكن إذا كانت لديك الجينات، ومجموعة كبيرة من الأميلويد ستكون هذه التدخلات أقل قدرة على إبطاء تطور المرض، لذلك من المهم اختبار هذه الأفكار باستخدام الواسمات البيولوجية لمعرفة ما إذا كانت فعالة حقا»، وذلك على حد قول <R. سپيرلنگ> [الأستاذة المساعدة بالأمراض العصبية في جامعة هارڤرد].

وفي نهاية المطاف، يمكن لتقانة التصوير PET أو **البزل القطني** lumbar puncture أن تحدد فيما إذا كان للزيتون وجبن الماعز واستخدام بساط المشي لمدة نصف ساعة يوميا أن يحافظ على الإدراك أم إنها مجرد أضغاث أحلام، وإذا ثبتت فائدة الواسمات البيولوجية، فيمكن للأبحاث البيولوجية والسلوكية أن تجتمع أخيرا بطريقة علمية للوقاية من الألزهايمر. ■

مراجع للاستزادة

The Alzheimer's Project: Momentum in Science. Based on the HBO documentary. John Hoffman and Susan Froemke, with Susan K. Golant. Public Affairs Books, New York, 2009.

The Alzheimer's Solution: How Today's Care Is Failing Millions and How We Can Do Better. Kenneth S. Kosik and Ellen Clegg. Prometheus Books, 2010.

Gabrielle Strobel of Alzforum led a discussion on January 21 about disease-tracking "biomarkers" with a number of leading researchers: **www.alzforum.org/res/for/journal/detail.asp?liveID=179**

Scientific American, June 2010

المُهَلْوسات باعتبارها أدوية(*)

في غضون ساعات قد تُحرِّض المواد المُبدِّلة للأفكار إعادة ترتيب نفسي عميق قد يحتاج إنجازُها إلى عقودٍ من الزمن على أريكة المعالج النفسي.

<R. R. گريفيثز> – <Ch. S. گروب>

حضرت السيدة <S. لوندال>، [وهي تبلغ من العمر خمسين عاما، وتعمل في التثقيف الصحي] إلى مركز الأبحاث البيولوجية السلوكية، في كلية الطب بجامعة جونز هوپكنز، وذلك في صباح يوم ربيعي من عام 2004. فقد تطوعت السيدة <لوندال> لتصبح من الأشخاص الذين سيخضعون لأولى الدراسات حول الأدوية المُهَلْوسة في الولايات المتحدة الأمريكية منذ فترة تجاوزت الثلاثة عقود. أكملت السيدة <لوندال> الاستبانة، وتبادلت أطراف الحديث مع اثنين من المشرفين على الدراسة، وهما المشرفان اللذان سيكونان معها طوال الساعات الثماني القادمة، واتخذت لنفسها وضعية مريحة ضمن الحيِّز المريح الذي يشبه غرفة المعيشة، والذي ستتم فيه جلسة الدراسة. ومن ثم تناولت بعد ذلك قرصين زرقاوين، واستلقت على الأريكة. ولكي تساعد نفسها على الاسترخاء والتركيز الداخلي، وضعت على عينيها عصابة، وفي أذنيها سماعتين تنساب منهما الموسيقى الكلاسيكية التي تم اختيارها خصيصا لهذه الجلسة.

ويتضمن القرصان الزرقاوان جرعة عالية من مادة **الپسيلوسايبين**[1]، وهي المكوِّن الرئيسي للفطريات «السحرية»، والپسيلوسايبين مادة تشبه في تأثيرها المهلوس LSD و**الميسكالين**[2]، إذ تؤدي إلى تغييرات في المزاج وفي الإدراك، إلا أنها نادرا ما تؤدي إلى هَلْوَسات. وفي نهاية الجلسة، وبعد أن تلاشت تأثيرات الپسيلوسايبين، أكملت السيدة <لوندال> المزيد من الاستمارات، علما بأنه لم يسبق لها أن تعاطت موادّ مُهَلْوِسة من قبل. وقد اتضح من إجاباتها أنها عاشت خلال الوقت الذي أمضته في غرفة الدراسة، تجربة صوفية عميقة شبيهة بالتجارب التي كتب عنها المفكرون الروحانيون في الكثير من الثقافات وفي شتى العصور، وهي تجربة تتسم بإحساس من التواصل المتبادل مع جميع الناس وجميع الأشياء، يرافقها شعور بالسمو في الزمان والمكان، وبالقداسة والمتعة.

وفي **زيارة متابعة**[3] قامت بها السيدة <لوندال> بعد مضي أكثر من عام، قالت إنها تواصل التفكير في هذه التجربة كل يوم، وإنها، وهو أمر أكثر وضوحا لديها، تعتبر هذه التجربة على الصعيد الشخصي بمنزلة حدث مهم روحانيا ومعنويا في حياتها. وإنها تشعر بأن هذه التجربة جلبت لها تغيرات إيجابية في مزاجها وفي مواقفها وفي سلوكياتها، كما سببت لها ازديادا ملحوظا في الرضا الإجمالي عن حياتها. وقد كتبت عن ذلك «بدا لي كما لو أن التجربة قد أطلقت الزناد لتسريع وتيرة الانفتاح أو التطور في الروحانية لديَّ». وتتابع

(*) Hallucinogens as Medicine أو مُولِّدات الهلوسة.
(١) psilocybin
(٢) mescaline
(٣) follow-up visit

باختصار

ظهرت المئات من التقارير حول أبحاث أجريت على المُهَلْوسات في خمسينات وستينات القرن الماضي، وقاد الاستخدام المنافي للقوانين للمُهَلْوسات إلى حظر هذه الأدوية، ومنع إجراء الأبحاث حولها.

ألمحت المجموعة الباكرة من الأبحاث التي أجريت حول المُهَلْوسات إلى أن هذه المواد الكيميائية قد تساعد على معالجة اضطرابات نفسية مختلفة، إلا أن تلك الأبحاث توقفت بسبب التضييق عليها.

بدأت موجة جيدة من الدراسات حول المُهَلْوسات، ولاسيما الپسيلوسايبين[1]، لمعرفة فيما إذا كان بمقدور هذه الأدوية معالجة القلق لدى مرضى السرطان، أو مساعدة المدمنين على التخلص من عاداتهم بفعالية.

تشير النتائج الباكرة لهذه التجارب الجديدة إلى أنها ستكون معالجات واعدة، وقد كتب بعض المرضى عن معايشتهم لتجارب روحانية عميقة، وعن إمكانية إحداث تغيرات مهمة في حياتهم نتيجة لذلك.



‹لونـدال›: «ولاتزال دفقات تبصُّر مـن تلك التجربة تصيبني حتى الآن... فأنا منغمسة في الحب أكثر بكثير مما كنت عليه من قبل، ومسـتعدة لتقبل الأذيـات التي لحقت بي من قبل... ويزداد تقبلي شيئا فشيئا لإدراك الناس بصورٍ يمتلكون فيها أنوارا قدسية تنبعث منهم.»

لقد كانت السـيدة ‹لوندال› واحدة من بين 36 مشاركا في الدراسـة التي أجراها أحدنـا (‹گريفيثز›) في جامعة جونز هوپكنز وقد بدأ بها عام 2001، ونشـرها عام 2006، ثم نشـر بعد ذلك بعامين **تقرير متابعـة**[1] حولها. وعندما ظهرت الدراسـة الأولية في مجلـة ***الدوائيات النفسـية*** *Psychopharmacology*، رحب الكثيرون في المجتمع العلمي بإحياء هذه الناحية من الأبحاث التي كانت خامدة من قبل لفترة طويلة. وقد تواصلت الدراسات حول البسيلوسايبين في جامعة جونز هوپكنز على مسـارين اثنين: في المسـار الأول يسـتقصي الباحثون التأثيرات النفسـية الروحانية للپسيلوسـايبين لدى المتطوعين الأصحاء. فيما يستكشف المسـار الثاني إمـكان أن تؤدي الحـالات التي تحرضها المُهَلْوِسـات مـن تغيرات فـي الوعي، ولاسـيما التجربة الشـبيهة بالصوفيـة، إلـى التخفيف مـن الاضطرابات النفسـية والسـلوكية، والتي تتضمن اضطرابات لم تكن العلاجـات المتداولـة حاليا فعالة فيها. فالدواء الرئيسـي الذي اسـتخدم في هذه الدراسـات وهو البسيلوسايبين، يوصـف بأنه المُهَلْوس الكلاسـيكيّ. فهو دواء يشـبه من حيث التأثير الأدويةَ الأخرى التي تنضوي إلى المُهَلْوِسـات الكلاسـيكية، مثل DMT و LSD، بتأثيره في المسـتقبلات الدماغية الخاصة بجزيئات السـيروتونين. ومما يدعو إلى الالتباس أن المواد التـي تنتمي إلى أصناف دوائية أخرى وتبدي تأثيرات دوائية تختلف عما تبديه الأدوية المُهَلْوِسـة الكلاسيكية، تُحْشَر تحت التوصيف نفسه، فتوصف بأنها مواد مُهَلْوِسة في الأوساط الإعلامية والشعبية وفي التقارير الوبائيـة. ومن هذه المركبات التـي قد يقدم بعضها قدرات علاجية: **الكيتامـين** ketamine والمهلوس MDMA (وهو ما يعرف تحت اسم **إيكستازي** ecstasy)، **والسالڤينورين A** salvinorin A **والإيبوگايين** ibogaine ومركبات أخرى.

التغلب على الإرث الذي خَلَّفه ‹ليري›[*]

لقد تواصلت الأبحاث العلاجية على المواد المُهَلْوِسـة في محاولات جادة للحصول على البيِّنات من الدراسـات التي بدأت في خمسـينات القرن الماضي، والتي شملت على وجه الإجمال آلاف المشاركين. وبعض تلك الدراسات قد أشارت إلى أن المواد المُهَلْوِسة يمكنها أن تساعد على معالجة الإدمان على المخدرات، وأن تخفف أو تفرِّج الضائقة النفسـية التي تصاحب الأمراض المميتـة. إلا أن هذه الأبحاث توقفت في مطلع السـبعينات من القرن الماضي عندما ازداد استخدام المُهَلْوِسات، وفي غالب الأحيان استخدام المهلوس LSD، في الترفيه والاسـتجمام، وتلطخت سمعته بحملة إعلامية لكونه مشبعا للمتع الحسـية. ومن ثم ازدادت هذه السمعة سوءا بالإعلان عام 1963 على نطاق شـعبي واسع عن أن كلا من ‹T. ليـري› و‹R. ألپيرت›، [وهما مـن جامعة هارڤارد]، قد صُرفا من الخدمة. وقد جاء ذلك اسـتجابة لمشـاعر القلق التي رافقـت الأبحاث غير التقليدية التـي اتبعها الباحثان

(*) Overcoming Leary's Legacy
(١) follow-up report

المؤلفان



Roland R. Griffiths

أستاذ في أقسام الطب النفسي والعلوم العصبية في كلية الطب بجامعة جونز هوبكنز. وقد كان المجال الرئيس لاهتمامه هو الأبحاث التي تتناول الآثار السلوكية والشخصية للتأثيرات التي تبديها الأدوية المبدِّلة للمزاج. وهو رئيس الباحثين في مبادرة الأبحاث المُجراة على مادة البسيلوسايبين في جامعة جونز هوبكنز.

Charles S. Grob

أستاذ الطب النفسي وطب الأطفال في كلية الطب داڤيد گيفين بجامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس (UCLA)، ومدير قسم الطب النفسي للأطفال والمراهقين في المركز الطبي لهاربر- UCLA. وقد أجرى أبحاثا سريرية حول العديد من الأدوية المُهَلْوِسة، ومنها البحث حول إمكانية استخدام البسيلوسايبين في معالجة القَلَق الذي ينتاب مرضى السرطان.

في استخدام المواد المُهَلْوِسة، ومنها أن ‹ألبيرت› مَنَح البسيلوسايبين لطالب لاستخدامه خارج الحرم الجامعي.

لقد أدى الاستخدام الواسع النطاق وغير الخاضع للإشراف لمواد لم تكن تحظى بفهم كاف، وأدى التأييد الجذاب الذي مارسه ‹ليري› جزئيا إلى انتكاسة ورجوع إلى الوراء. فقد وضع القانون الخاص بالمواد الخاضعة للمراقبة لعام 1970 المواد المُهَلْوِسة الشائعة ضمن الفئة الأولى، أي ضمن الفئة الأكثر خضوعا للقيود، كما فُرضت قيود جديدة على إجراء أبحاث جديدة على البشر، وتوقف التمويل الاتحادي، فوجد الباحثون الذين أسهموا في هذا المجال من الأبحاث أنفسهم مهمّشين مهنيا.

لقد مرت عقود قبل أن تتلاشى المواقف المقلقة التي أدت إلى إيقاف التحريات والدراسات، ثم سُمِحَ بإجراء دراسات صارمة على البشر باستخدام هذه المواد التي تحيط بها قصص كثيرة. لقد أثارت **التجارب الصوفية**(1) التي تسببها المُهَلْوِسات اهتمام الباحثين، ولاسيما ما لهذه التجارب من قدرات على توليد تغيرات إيجابية وسريعة ومستديمة على المزاج وعلى السلوكيات، وهي تغيرات قد يحتاج إحداثها باتباع المعالجة النفسية التقليدية إلى سنوات من الجهود. وقد كان العمل المنجز في جامعة جونز هوبكنز، مثيرا للاهتمام لأنه برهن على أن هذه التجارب كان من الممكن إجراؤها في المختبرات على معظم الأشخاص الذين شملتهم الدراسة. كما سمح هذا العمل وللمرة الأولى بدراسات علمية صارمة واستقبالية لمتابعة المتطوعين قبل وبعد تناولهم الدواء. وقد مكنت هذه الدراسات الباحثين من دراسة الأسباب والتأثيرات النفسية والسلوكية لهذه التجارب غير المعتادة.

وفي الدراسة الأخيرة التي أجريت في جامعة جونز هوبكنز، استخدم الباحثون استبانات صممت في الأصل لتقييم تجارب صوفية عاشها الأشخاص المشمولون بالدراسة دون أن يتناولوا الدواء. كما درس الباحثون الأوضاع النفسية للمشاركين على وجه الإجمال بعد مرور شهرين ثم بعد مرور 14 شهرا على تناول البسيلوسايبين. وقد أظهرت الدراسة أن المشاركين يشعرون بزيادة الثقة بالنفس، وبإحساس أكبر بالسعادة الداخلية، وبقدرة أكبر على تحمل الإخفاق، وبنقص في النزق، وبسعادة عامة. وعند تقدير درجات سلوك المشاركين في الدراسة كما يراها أصدقاؤهم وأفراد أسرهم وزملاؤهم في العمل الذين لم يُحاطوا علما بأن المشاركين في الدراسة يتناولون الدواء، وجد الباحثون أن المعلومات التي قدموها كانت تتوافق مع الدرجات التي وضعها المشاركون في الدراسة لأنفسهم. ومن الملاحظات النموذجية التي كتبها أحد المشاركين في الدراسة « أشعر بأن الجميع يحل في واحد، وبأنني أفهم مغزى روح الكون، وأن الإله لا يطلب من أي منا شيئا سوى تلقي المحبة، فأنا لست وحدي، وأنا لا أخاف الموت، وأنا أكثر صبرا على نفسي من ذي قبل». كما أن إحدى المشاركات الأخريات في الدراسة تمتعت بقدر كبير من الإلهام مكّنها من كتابة كتاب كامل عن التجربة التي عاشتها.

تخفيف المعاناة(*)

عندما أوقفت الأبحاث حول المعالجة المرتكزة على المُهَلْوِسات قبل أربعين عاما، تركت خلفها قائمة بالواجبات التي ينبغي القيام بها، تضمنت معالجة الإدمان على الكحول والحالات الأخرى من الإدمان على المخدرات، والقلق المصاحب للإصابة بالسرطان، والاضطراب الوسواسي القهري، و**اضطراب الكرب التالي للصدمة**(2)، والاضطراب النفسي الجسدي، والاعتلال الوخيم في الشخصية، والتوحُّد (الذاتوية). وفي تلك الفترة، كانت معظم التقارير المنشورة عبارة عن نوادر حول المعالجة بالمُهَلْوِسات، وعُرضت فيها أدلة أشد ضعفا من الأدلة التي تتمخض عنها التجارب السريرية المُحكمة. بل إن أفضل الدراسات التي تعود إلى تلك الفترة لم تكن تخضع للشروط الصارمة للضبط والمنهجيات التي أضحت بمثابة معايير للأبحاث السريرية المعاصرة في الدوائيات النفسية.

كثيرا ما يعاني المصابون بالسرطان قلقا شديدا واكتئابا عميقا، وقلما تفلح الأدوية المضادة للاكتئاب والمخففة للقلق في معالجة ذلك. وفي ستينات القرن الماضي ومطلع السبعينات منه تلقى 200 من المصابين بالسرطان المُهَلْوِسات الكلاسيكية ضمن سلسلة من الدراسات السريرية. وفي عام 1964، كتب

(*) Relief of Suffering
(١) mystical experiences أو تجارب تأملية.
(٢) post-traumatic stress disorder

<E. كاست> [من كلية طب شيكاگو] – وهو الباحث الأول الذي أعطى المهلوس LSD إلى المرضى بالمراحل النهائية للسرطان الذين يعانون آلاما مبرحة – تقريرا أوضح فيه أن المرضى صار لديهم «قلة اكتراث ملحوظة بسوء أوضاعهم، وصاروا يتحدثون بصراحة عن موتهم الوشيك، وهي ردة فعل غير مناسبة في حضارتنا الغربية، ولكنها ذات فائدة جمة لأحوالهم النفسية». وفي دراسات أخرى تلت أجراها <S. گروف> و <W. ريشاردز> وزملاؤهما [في مستشفى ولاية في سپرينگ گروف قرب بالتيمور (وفي مركز الأبحاث النفسية في ميريلاند لاحقا)] واستخدما فيها المهلوس LSD، ومُهَلْوِسات كلاسيكية أخرى مثل المهلوس DPT[1] **(دي پروپيل تريپتامين)** اتضح حدوث نقص في الاكتئاب والقلق والخوف من الموت، وأن المرضى عاشوا تجربة صوفية كان لها أكبر الأثر في التحسن في القياسات النفسية للعافية.

تساعد الجولة الأخيرة من الدراسات حول المُهَلْوِسات على تحديد قَدرة هذه الأدوية على المساعدة على التخلص من الإدمان أو تخفيف القلق الذي يعانيه مرضى السرطان.

وقد قام أحدنا (وهو <گروب>) بتحديث هذا العمل. ففي الشهر 2010/9 نُشرت مقالة في مجلة ***محفوظات الطب النفسي العام***[2]، حول دراسة رائدة أجريت بين عامي 2004 و 2008، في المركز الطبي لجامعة كاليفورنيا بلوس أنجلوس– هاربر Harbor-UCLA، واستهدفت هذه الدراسة تقييم ما إذا كانت جلسات تناول البسيلوسايبين قد خففت من القلق لدى 12 مريضا في المراحل النهائية من السرطان. ومع أن الدراسة صغيرة لدرجة لا تكفي لاستنباط نتائج قاطعة منها، فإنها كانت مشجعة: فقد أوضحت ما أصاب المرضى من نقص في القلق ومن تحسن في المزاج، وذلك حتى بعد مرور أشهر عديدة على آخر جلسة تناول للبسيلوسايبين. كما أن المشاركين في الدراسة، شأنهم شأن من شاركوا قبلهم في دراسات أجريت قبل سنوات عدة، أبلغوا عن أن خوفهم من الموت الوشيك أصبح أقل من ذي قبل. وفي الوقت الراهن، تجرى دراسات في جامعة جونز هوپكنز وجامعة نيويورك على مرضى السرطان باستخدام جرعات أعلى من البسيلوسايبين، وهي جرعات يغلب أن تحرض إحداث العيش في تجارب صوفية، وهو ما أشارت إليه الدراسات الباكرة من كونها ضرورية لديمومة المنافع العلاجية. أما في سويسرا؛ فقد بدأت دراسة رائدة مماثلة باستخدام المهلوس LSD بدلا من البسيلوسايبين.

لقد كتب الكحوليون والمدمنون على التدخين وغيرهم من متعاطي المواد المسببة للإدمان أنهم استطاعوا أحيانا التغلب على إدمانهم بعد أن عاشوا بعمق تجربة صوفية حدثت لهم تلقائيا ومن دون تناول الأدوية أو المخدرات. وقد أدركت الموجة الأولى من الدراسات السريرية التي أجريت على المُهَلْوِسات مدى ما تتمتع به معايشة هذه التجارب التحولية من قدرات. فقد شارك ما يزيد على 1300 مشارك في دراسات أجريت حول الإدمان، نُشر نتيجة لها أكثر من عشرين بحثا في العقود الماضية. وفي بعض هذه الدراسات أعطيت جرعات عالية من الأدوية لمشاركين خضعوا للحد الأدنى من التحضيرات، ولقدر ضئيل من الدعم النفسي، بل إن عددا ضئيلا منهم كان طريح الفراش لا يبرحه. وحصل الباحثون الذين يقدِّرون أهمية إعداد المريض وتهيئة البيئة من حوله، والذين يقدِّمون للمرضى دعما أفضل، على نتائج أفضل. وهكذا، أبدى هذا العمل المبكر نتائج واعدة لكنها غير قاطعة.

إن الجيل الجديد من الأبحاث حول المُهَلْوِسات، وما يتسم به من منهجيات أفضل، سيكون بإمكانه معرفة فيما إذا كان بمقدور هذه الأدوية أن تساعد الناس فعلا على التغلب على الإدمان الذي يعانونه. وفي جامعة جونز هوپكنز، بدأ <گريفيثز> و<M. جونسون> وزملاؤهما دراسة رائدة حول الإقلاع عن التدخين مستخدمين جلسات تعاطي البسيلوسايبين، لدعم المعالجة السلوكية الاستعرافية، وهو شكل من المعالجة يتعلم فيه المرضى كيف يغيرون من أفكارهم وسلوكياتهم ليقلعوا عن التدخين وليثابروا على الإقلاع عنه.

وفي مجالات تتجاوز معالجة الإدمان، بدأت مؤخرا دراسات تستهدف اختبار ما إذا كان بمقدور البسيلوسايبين تقديم المساعدة لتخفيف أعراض الاضطراب الوسواسي القهري. وقد أظهرت أدوية أخرى خاضعة للرقابة الدوائية وتعمل بآليات مختلفة أن لها قدرات علاجية. فقد أوضحت الدراسات التي أجريت مؤخرا أن الكيتامين (وهو دواء يستخدم في الأحوال العادية للتخدير) إذا أعطي بجرعات منخفضة فقد يؤدي إلى تخفيف الاكتئاب بوتيرة أسرع مما تؤدي إليه الأدوية التي تستخدم في المعالجة التقليدية للاكتئاب مثل **البروزاك** Prozac. كما نجحت تجربة حديثة أجريت في ساوث كارولينا، واستُخدِم فيها المهلوس MDMA في معالجة اضطراب الكرب التالي للصدمة، بعد أن أخفقت الأدوية التقليدية في معالجة المرضى الذين يعانون هذا الاضطراب.

---

(1) dipropyltryptamine

(2) the *Archives of General Psychiatry*

وفي الوقت الحاضر تُجْرى تجارب حول المهلوس MDMA.

الأخطار المحدقة وآفاق المستقبل(*)

لكي تكتسب المعالجات التي تستخدم فيها المُهَلْوِسات التقليدية المصداقية، لابد لها من أن تتغلب على مشاعر القلق التي نجمت عن الإفراط في تعاطي المخدرات في فترات الفوضى النفسية العارمة في ستينات القرن الماضي. فالمُهَلْوِسات قد تحرض أحيانا حدوث القلق و**الزَّوَر**[1] والهلع، وهي أمور قد تؤدي في المواقع التي لا تخضع للمراقبة إلى إصابات عارضة (غير مقصودة) وإلى الانتحار. ففي الدراسة التي أجريت في جامعة جونز هوپكنز، اتضح أنه مع قيام اختصاصي بالطب النفسي السريري بتخصيص 8 ساعات من وقته لإعداد المشاركين، فإن مايقرب من ثلثهم قد عانى بعض فترات الخوف الملحوظ، كما شعر مايقرب من خمسهم من الزَّوَر في وقت ما أثناء الجلسة. غير أن المشاركين من مستشفى جامعة جونز هوپكنز، الذين دُرِسوا في المكان المشابه للمنزل في مركز الأبحاث، حيث يوجد مرشدون مدربون على تقديم الدعم المستمر لم يعانوا آثارا مرضية دائمة.

ومن الأخطار المحتملة للمُهَلْوِسات: **الذُّهان**[2] الطويل الأمد، والضائقة النفسية، واضطرابات تعتري الرؤية، أو الحواس الأخرى، وتستمر أياما، وربما فترة أطول من ذلك. ويقل تواتر حدوث مثل هذه التأثيرات حتى تكاد تندر لدى المتطوعين الذين خضعوا لتحريات دقيقة ولتحضير نفسي جيد. وعلى الرغم من أن المُهَلْوِسات الكلاسيكية قد يساء استخدامها أحيانا (فتستخدم بطريقة قد تلحق الضرر بسلامة من يتعاطاها وبسلامة الآخرين)، فإنها لاتعتبر من الأدوية النموذجية التي تسبب الإدمان، لأنها لا تحرض على التعاطي القسري لمزيد منها، ولا تسبب حدوث أعراض سحب الدواء. وللعمل على إنقاص الآثار الجانبية الضارة لأقل قدر ممكن، نشر فريق العمل في جامعة جونز هوپكنز مؤخرا مجموعة من إرشادات الأمان المتعلقة بإجراء دراسات على المُهَلْوِسات بجرعات عالية. ونظرا لما يتمتع به الباحثون من قدرات عالية على تدبير علاج الأخطار التي تنجم عن الأدوية، فإننا نشعر بأن من الواجب أن تستمر الدراسات حول هذه المواد، لما لها من قدرات كامنة على تحويل مجريات الحياة، سواء لدى مريض بالسرطان أو لدى مدمن على تعاطي المخدرات. فإذا أثبتت المُهَلْوِسات فائدتها في معالجة الإدمان على المخدرات أو القلق المتأصل المصاحب للأمراض المهددة للحياة، فقد يتمكن مزيد من الدراسات من كشف فيما إذا كان بمقدور معايشة التجارب المحرضة بالأدوية أن تُدرج ضمن المعالجات التي تستهدف مشكلات كبرى في الصحة العامة مثل اضطرابات الأكل، والسلوك الجنسي الخطر، أو طيف أوسع من التصرفات غير الملائمة.

وقد تعود المنافع إلى تقنيات التصوير العصبي والتقنيات الدوائية التي لم تكن موجودة في ستينات القرن الماضي، وهي تقنيات قدمت لنا فهما أفضل لكيفية عمل هذه الأدوية. إذ إن تصوير نواحي الدماغ التي تؤدي دورا في العواطف الجياشة وفي الأفكار التي يخضع لها الناس وهم تحت تأثير الأدوية سيقدم نافذة تفضي إلى تعرف الفيزيولوجيا الكامنة خلف ذلك، وعلى معايشة التجارب الصوفية التي تسببها المُهَلْوِسات. وقد يؤدي المزيد من الأبحاث إلى تعرف أساليب دوائية تعمل بسرعة وبفعالية أكبر من الممارسات الروحانية التقليدية مثل التأمل أو الصيام، بهدف معايشة تجارب صوفية وإحداث تغييرات سلوكية مرغوب فيها، وهو النمط من التجارب التي عاشها <B. ويلسون> في مستشفى المدينة بمدينة نيويورك، فأقلع عن تعاطي الكحول، وألهمته فكرة «كحوليّون من دون أسماء» في ثلاثينات القرن الماضي.

إن فهم قدرة التجارب الصوفية على أن تحيي في الشخص مواقف متجددة تجاه نفسه وتجاه الآخرين، سيساعد على تفسير الدور الوقائي الذي حظي بتوثيق جيد للممارسات الروحانية في العافية النفسية وفي الصحة. إذ يمكن لمعايشة التجارب الصوفية أن تؤدي إلى إحساس عميق ومستديم بالتواصل المتبادل مع جميع الناس ومع جميع الأشياء، وهي وجهة النظر التي تستند إليها التعاليم الأخلاقية للتقاليد الدينية والروحانية في العالم. ومن هنا، فإن التمكن من بيولوجيا الكلاسيكية، سيساعد على توضيح الآليات الكامنة خلف السلوك الأخلاقي والتعاوني لدى البشر، وهي المعرفة التي نعتقد أنها قد تكون في غاية الأهمية **لبقيا**[4] النوع البشري. ■

(*) Risks and the Road Ahead
(1) paranoia أو وسواس جنوني.
(2) psychosis
(4) survival

مراجع للاستزادة

Hallucinogens: A Reader. Edited by Charles S. Grob. Tarcher, 2002.

Psilocybin Can Occasion Mystical-Type Experiences Having Substantial and Sustained Personal Meaning and Spiritual Significance. R. R. Griffiths et al. in *Psychopharmacology,* Vol. 187, No. 3; pages 268-283; August 2006. **csp.org/psilocybin**

Human Hallucinogen Research: Guidelines for Safety. M. W. Johnson, W. A. Richards and R. R. Griffiths in *Journal of Psychopharmacology,* Vol. 22, No. 6; pages 603-620; August 2008.

Pilot Study of Psilocybin Treatment for Anxiety in Patients with Advanced-Stage Cancer. Charles S. Grob et al. in *Archives of General Psychiatry.* Published online September 6, 2010.

Johns Hopkins Psilocybin Cancer Project: **www.cancer-insight.org**

من الطاقة يساوي 1500 ميگاواط فقط، أي ما يعادل إنتاج محطتين تعملان بالفحم الحجري.

وتقترح شركة خاصة جديدة تسمى Tres Amigas إنشاء محطة تبديل واحدة فقط في كلوڤيس بنيو مكسيكو يمكن أن تنقل الطاقة فيما بين الشبكات الثلاث بكميات كبيرة. فالإلكترونيات القائمة على السليكون، المختلفة في أحجامها عن **الشيپات** chips الحاسوبية التي من حجم الإصبع من حيث كونها قطعا كبيرة بحجم **كُدْسٍ** stack من أطباق الطعام، تقطع التيار المتناوب إلى أجزاء ضئيلة وتعيد تجميعها على شكل تيار مستمر. ويُنقل هذا التيار المستمر عبر **كِبال**[1] cables فائقة الموصلية وضئيلة الفقد إلى مكان آخر تعيد فيه الإلكترونيات طاقة التيار المستمر إلى تيار متناوب. ويمكن لمحطة النقل هذه، التي تُقدَّر تكاليفها بنحو بليون دولار، أن تعالج 5 000 ميگاواط من الطاقة، ويمكن توسيعها للتعامل مع 30 000 ميگاواط إذا ابتُكرت إلكترونيات طاقة ذات أداء أفضل. وتعمل هذه المحطة بصفتها رابطة بين الشبكات الثلاث، تنقل الطاقة فيما بينها وتدرأ عدم استقرار القُلطية.

يمكن للشركة Tres Amigas أن تجني أرباحا من أجور نقل الطاقة ومن خلال تسهيل ظهور سوق جديدة لبيع وشراء الطاقة، على غرار ما تفعله بالأسهم سوق الأوراق المالية في نيويورك. ويمكنها أيضا بيع **استقرار القُلطية والتردد بوصفه خدمة**[2].

ومع ذلك، لا تزال ثمة عقبات. فعلى سبيل المثال، لا تخضع تكساس الآن لقرارات اللجنة الاتحادية لتشريعات الطاقة، والشركات فيها لا تريد أن تكون خاضعة لها، مع أنها يمكن أن تستفيد. يقول <G .P. هاريس> [المدير التنفيذي للشركة Tres Amigas والرئيس السابق لـ PJM أكبر مُشغِّل مُستقل في البلاد]: «لقد أنشأت تكساس محطات رياح كثيرة، ولكن تلك المحطات ما زالت غير مستثمرة» لعدم وجود ما يكفي من الزبائن المحليين لشراء طاقاتها. وثمة مواقع أخرى تمتلك طاقة متجددة هائلة تحتاج إلى من ينقلها أيضا.

فعل أم إعاقة(*)

من العقبات الكبرى التي تواجه إقامة الشبكة القومية الفائقة العاملان: الجغرافي والمالي. ولكَيْ تقوم الحكومة الاتحادية بإقامة الشبكة وتمويلها، على غرار ما فعلت بالطرق الرئيسية فيما بين الولايات، قد تكون ثمة حاجة إلى قرار حاسم على المستوى القومي لدعم الطاقة المتجدِّدة. والطريقة الأخرى قد تكون فرض ضريبة ملائمة على الوقود القائم على الكربون وعلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون يمكن أن تمثِّل سلَّة لتوفير المال لإقامة الشبكة أو لدعم توليد الطاقة المتجدِّدة بحيث تحفز القطاع الخاص على تمويل شبكة فائقة لنقلها.

إلا أن الفرص تبدو غير أكيدة حاليا. فتخطيط نقل الطاقة ما زال شأنا من شؤون الولايات التي تتحكَّم عموما في قرارات استخدام الأراضي. ومن دون دفعة قوية من قرار داعم لتوليد الطاقة المتجدِّدة أو ضريبة على الكربون، «لا يبدو أن ثمة الكثير من الحماس لخطة قومية لنقل الطاقة»، وفقا لما خَلُص إليه <J. أپت>، المدير التنفيذي لمركز صناعة الكهرباء لدى جامعة كارنيگي مِلن.

وبالفعل، أُعلن في الشهر 2010/3 عن تشكيل تحالف جديد من أجل **سياسة نقل عادلة للطاقة**[3] - والمُكوَّن من: مسؤولين عن مرافق الكهرباء العملاقة التي يمتلكها مستثمرون، وتعاونيات الطاقة العمومية، وأعضاء كونگرس ديموقراطيين وجمهوريين، ومسؤولين حكوميين عن الطاقة - وقد أبدى هذا التحالف معارضته لإنشاء شبكة كهرباء قومية منيعة تُخطَّط مركزيا وتُموَّل بسخاء لتعزيز توليد الطاقة المتجدِّدة. وتحاول هذه المجموعة منع اللجنة الاتحادية لتشريعات الطاقة من إقرار سلسلة من مسارات رئيسية لنقل الطاقة من مناطق غنية بالرياح في وسط القارة إلى مراكز الاستهلاك في جميع الولايات. ويشك معارضون آخرون حتى في كون اللجنة مخوَّلة لإقرار إقامة هذا النوع من الخطوط. ويقارن السيناتور <R. وايدن> [وهو عضو التحالف من أوريگون] خطوط نقل الطاقة المقترحة بخطوط أنابيب نقل الغاز التي يمكن أن تنقل الوقود بين نيويورك وشمال كاليفورنيا، والتي يمكن أن تمر عبر أوريگون «من دون أن تقدم فائدة مباشرة للناس في ولايتي». ومع ذلك، يمكن للشبكة الحديثة أن تكون مفيدة لجميع الناس في جميع الولايات من حيث إنها تنقل طاقة أكفأ وأقل تكلفة إلى الشبكات المترابطة معا في كل مكان وتقلِّص احتمالات انقطاع الكهرباء. ■

(*) Action or Obstruction

(1) كبال جمع كِبل cable، قياسا بحبال جمع حبل.

(2) يُعتبر استقرار القُلطية والتردد على درجة كبيرة من الأهمية في تطبيقات كثيرة، وتحقيق هذا الاستقرار يتطلب عادة تجهيزات مكلفة، ولذا يتقاضى ناقل الطاقة أجورا مقابل ذلك.

(3) Fair Transmission Policy (التحرير)

مراجع للاستزادة

Eastern Wind Integration and Transmission Study. National Renewable Energy Laboratory, January 2010: **www.nrel.gov/wind/systemsintegration/ewits.html**

Joint Coordinated System Plan 2008. Executive summary: **http://graphics8.nytimes.com/images/blogs/greeninc/jointplan.pdf**

20% Wind Energy by 2030. U.S. Department of Energy, July 2008: **www1.eere.energy.gov/windandhydro/pdfs/41869.pdf**

A plan to connect North America's three separate grids: **www.tresamigasllc.com**

***Scientific American,* November 2010**

تخبط في الإصلاحات السياسية[*]

تتطلب الرعاية الصحية والتغير المناخي وقضايا أخرى معقدة مزيدا من النقاش بين الناس وبين الخبراء.



إن النزاع الطويل المثير للشقاق على إصلاح نظام الرعاية الصحية الأمريكي كشف النقاب عن نقاط ضعف أساسية في المعالجات الحكومية للنظام. ومثلما يصح غالبا في السياسات الأمريكية في أيامنا هذه، فإن السياسيين، وجماعات الضغط والتأثير، احتفظوا بالمواضيع المعقدة لأنفسهم، تاركين مناقشات الخبراء والجدل الجماهيري النظامي لجماعات هامشية.

وخلال 14 شهرا من النقاش في موضوع الرعاية الصحية، لم تقدم الإدارة الأمريكية تقريرا رسميا تحليليا وواضحا عن أهداف الإصلاحات المقترحة وأساليبها والنتائج المتوقعة منها. ولم يكن منظما، على الإطلاق، سوى الاقتراحات التشريعية للميزانية التي قدمها مكتب ميزانية الكونگرس، ثم إنه لا يوجد تحليل مستقل مشابه يتعلق بمواضيع جوهرية أخرى. هذا وإن النتائج الصحية الفعلية للتشريع لم تلق على الإطلاق مراجعة أو مناقشة منطقية.

وقد لخص المشكلة **اجتماع قمة الرعاية الصحية**[1] الذي استمر يوما واحدا في الشهر 2010/2. وحضر هذا الاجتماع رئيس ونائب رئيس وأمين الخدمات الصحية والإنسانية ومستشار الرئيس للشؤون الصحية (وهو محام)، إضافة إلى 38 من أعضاء الكونگرس. ومن ضمن المجتمعين ثلاثة أطباء، جميعهم أعضاء جمهوريون في الكونگرس؛ ومع أنهم عارضوا خطط الإدارة، فلم يعارضها متخصصون بالصحة العامة، أو اقتصاديون معنيون بالأمور الصحية، أو خطباء في المجتمع المدني، أو قادة لمنظمات الصيانة الصحية، أو ممثلون لمنظمات رعاية صحية أخرى. وكان النقاش كله مقصورا على تحديد من يدفع ولماذا يدفع، لا على كيفية تنظيم الرعاية الصحية للتوصل إلى نتائج أفضل وأقل تكلفة.

قد يظن المرء أن الفعل الحقيقي حدث كله من قبل، في اجتماعات الكونگرس وفي جلسات الخبراء وفي جلسات مساومات مع كبار **أصحاب المصالح**[2]. ولكن الكونگرس استبعد بقوة مناقشة الموضوع، وذلك لحسابات سياسية أو تحت تأثير مجموعات الضغط فيه، وقد جرى ذلك بمعزل عن العارفين بالموضوع من الشعب الأمريكي، الذين تُرِكوا لينفسوا عن غضبهم في حفلات الشاي وعن طريق الإنترنت. إن التشريع الساري لا يمكن اختراقه، وهذه حقيقة معروفة على نطاق واسع. فلم تجر دعوة الخبراء قط كي يناقشوا التشريع أو يعلقوا عليه بغية مساعدة الناس والسياسيين

(*) FLYING BLIND IN POLICY REFORMS
(1) the Health Care Summit
(2) stakeholders

التتمة في الصفحة 82 (العمود 2)

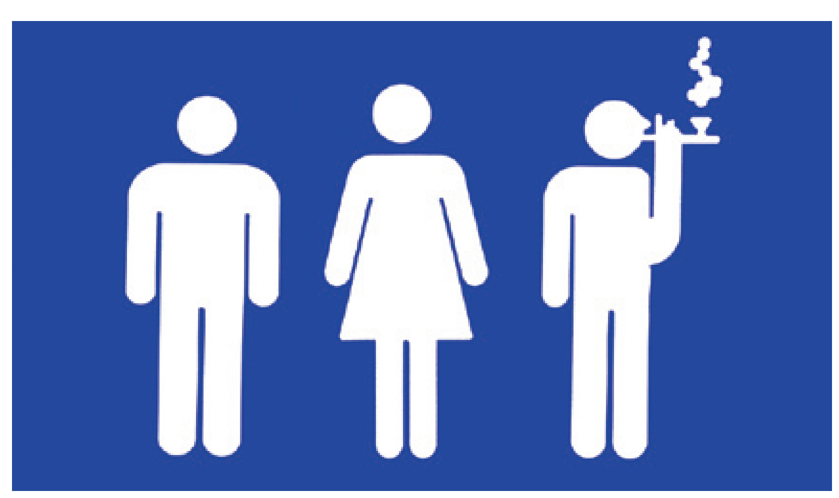
قليل من المخدرات مع كل شطفة مرحاض(*)

يمكن للبصمات الكيميائية المميزة في مياه المجارير أن تكشف الحقائق حول تعاطي المخدرات.

يمكن لأقل سوائل أجسادنا قيمة أن يخبرنا عن مقدار ما تتوق إليه مجتمعاتنا حول كشف تعاطي المخدرات المحظورة، إذا ثبتت فعالية تقنية جديدة لأخذ عينات من مياه المجارير للبحث عن بيِّنات لتعاطيها. وقد طور العلماء طرقا لعزل المنتوجات الثانوية التي تطرح في البول بعد تعاطي المخدرات.

«يمكن اعتبار مياه المجارير عيِّنة مُجمَّعة ومُخفَّفة من البول،» هذا ما يشرحه عالم السموم <R. فانيللي> [من معهد ماريو ناگري للأبحاث الدوائية في ميلانو]، وقد استخدم فريقه **قياس طيف الكُتْلة** mass spectrometry لتحليل مياه الفضلات في الأنهار التي تمر في المدن. وكانت المادة الكيميائية المستهدفة في دراسة <فانيلّي> هي **بنزويل إيكگونين** benzoylecgonine، التي يحوِّل الجسمُ الكوكايينَ إليها بعد أن يكون الكوكايين قد فعل فعله المغيِّر في الدماغ. ويقول <فانيللي>: «بعد أن أخذنا عينات من نهر پو في أيام وشهور مختلفة، وجدنا أن النهر يحمل ما يعادل أربعة كيلوغرامات من الكوكايين كل يوم.»

وقد استخدمت اختصاصية الكيمياء البيئية <J. فيلد> [من جامعة ولاية أوريگون] وزملاؤها **الاستشراب السائل** liquid chromatography وخلصوا إلى نتائج مماثلة. وتقول <فيلد>: «نحن بصدد أداة جديدة لأخذ **لقطات** snapshots تصور المجتمعات في أمكنة وأوقات مختلفة، للحصول على مشهد لتعاطي المخدرات أقل تحيزا مما قد يتم الحصول عليه من **المسوح** surveys الهاتفية التقليدية.»



اختبار لكشف المخدرات: ولأن البول يحوي منتوجات تقويض المواد الكيميائية الممتصة، فإن الباحثين يشعرون بأنهم يستطيعون أن يقيسوا بدقة أنماط تعاطي المخدرات في مجتمع ما عن طريق اختبار مياه المجارير.

وقد تم بالفعل أخذ لقطات كهذه لمدينتي لندن وميلانو، إضافة إلى طيف واسع من المجتمعات المختلفة الاتساع في الولايات المتحدة الأمريكية، مثل مدينة كورڤالس، حيث تقع جامعة ولاية أوريگون. وقد أبدى **مكتب السياسة الوطنية لمكافحة المخدرات في الولايات المتحدة الأمريكية** (ONDCP)[1] اهتمامه بذلك، فقام في عام 2006 **بمشروع ريادي** لاختبار هذه المنهجيات في 24 مرفقا تحيط بمدينة واشنطن العاصمة. ويقول <D. موراي> [وهو كبير العلماء في مركز تقييم تقانة مكافحة المخدرات التابع للمكتب ONDCP]: «نحن نعتقد أنه إذا كان بالإمكان إثبات أن هذه المنهجية يمكن الاعتماد عليها، فإنها ستكون ذات قيمة.» ويتابع قائلا: «نحن نعرف عدد أطنان الكوكايين التي تُنتَج في جبال الأنديز، كما نعرف عدد الأطنان التي نضبطها في أعالي البحار، ولكننا لا نعرف عدد الأطنان التي تُستَهلَك.»

وليس لدى المكتب ONDCP خطط في الوقت الراهن للمزيد من الاختبارات، غير أن كلا من **المعهد الوطني الخاص بمعاقرة المخدرات** (NIDA)[2] ووكالة حماية البيئة قد

معايير لمياه المجاري(**)

مع أن الحصول على عينات من مياه المجاري لاختبارها من أجل المخدرات سيكون أمرا روتينيا ـ فمصانع معالجة مياه الصرف الصحي تقوم بالفعل باختبار كل من **التدفق الداخل والخارج** inflow and outflow كل يوم ـ فإن توحيد معايير الأساليب المتبعة في التحليل لن يكون أمرا سهلا. فبعض المصانع تعالج أيضا المياه التي تقذفها العواصف والتي ستخفف من تركيز العينات. كما أن اختلاف أساليب الحفظ قد يؤثر في العينات، وحتى فيما تدل عليه النتائج. وفي النهاية، هناك مسألة مُحيِّرة تنبثق من كمية المخدرات التي قد يستهلكها فرد واحد، وهذا ما أشار إليه <W. كومپتون> [وهو مدير قسم الوبائيات والخدمات والأبحاث الوقائية في المعهد NIDA]: «كيف يمكننا أن نوفِّق بين استعمال كمية كبيرة من قبل عدد صغير من الأفراد وبين استعمال كمية صغيرة من قبل عدد كبير من الأفراد؟»

(*) A STASH IN EVERY FLUSH
(**) Sewage Standards
(1) The U.S. Office of National Drug Control Policy
(2) the National Institute on Drug Abuse

يسعيان وراء هذه التقنية.

إن أســاليب أخذ العينــات من مياه المجاريــر – التي يمكن تطبيقهــا علــى أي دواء تقريبا ســواء أكان محظورا أم يصرف بوصفــة طبيــة – قد تكون عظيمة الفائدة بشــكل عام في تعرف طبقــات المجتمــع التي عــادةً لا تُبلِّــغ عن تعاطيهــا المخدرات الترفيهية أو الطبقات التي ينتهي بها الأمر كإحصائيات تحتفظ بهــا المرافق العامة لمعالجة معاقرة المخدرات. ويقول <B. پايپر> [وهو مدير الشــؤون الوطنية لمجموعة تدعو إلى إصلاح قوانين المخدرات تدعى **بالتحالف المَعنِيّ بسياســات المخدرات** the Drug Policy Alliance]: «ثمــة حافز يدفع الناس إلى أن يقولوا لمســتطلعي الآراء الحكوميين إنهم لا يتعاطون المخدرات عندما يســألونهم عن ذلك.» ولكن، لن يكون باستطاعة الأساليب التي نحن بصددها الآن أن تحدد بدقة الأفراد الذين يتعاطون المخدرات فعليا. ويقول <فانيللي>: «للحصول على بيانات تخص كل فرد على حدة، ينبغي أن نتتبع العينات في مكان قريب من مصدرها في الوقت الذي يتم فيه شَطْفُ المرحاض، وهذا مستحيل عمليا.»

وإن تكوين مشهد واسع لتعاطي المواد الكيميائية قد يوافر رؤية متعمقة للطريقة المثلــى لتوجيه الموارد المحدودة الخاصة بمعالجة معاقــرة المخدرات، ولإتاحة إمــكان القيام بمقارنات حقيقية للمرة الأولى بين مستويات استخدام المخدرات في مدن مختلفة. وقد يكشــف هذا المشــهد أيضا عن فعالية – أو عدم فعاليــة – جهود معينة لمكافحة المخدرات. ويقول < كومپتون>: «إن اعتقدت سلطات فرض القانون أنها قد استأصلت مصدر مادة مخدرة من أحد المجتمعات، فإن هذا الأســلوب قد يكون إحدى طرائق التأكد من هذه الإمكانات.»

وطبقا للباحثين، فإن الطلبات تتدفق من المرافق الحكومية كالســجون والمختبرات الوطنية إلى المــدن الكبرى من أجل الحصــول على مثل هــذه الصور الإجمالية. ففي الشــهر 2007/11، أخــذت <فيلد> وزملاؤها لقطــة عن ولاية أوريگون فــي يوم واحد لتقييــم **جــدوى** feasibility **وصحــة** validity طريقة الاستشــراب الســائل. وبإمكان **الرصد** monitoring لفترة أطــول أن يؤكد ويقيــس مقدار هذه الأنمــاط. وتقول <فيلد>: «بإمكانك أن ترى الزيادة في الاســتخدام الترفيهي للكوكايين» في نهاية الأســبوع، ومــا يثبت ذلك هو الزيادات التــي تبدأ فــي بعض الأحيــان مبكرا قبل نهاية الأســبوع بيــوم، مثل يوم الخميس.» وكما يقــول <G. ألّين> [وهو أحد مُشَــغِّلي المصانع في مرفق اســتصلاح ميــاه الصرف في مدينــة كورڤالّس]: «إن معرفة ما يوجد في مياه المجارير يعد دائمــا أمــرا مثيــرا للاهتمــام.» ■

<D. بيلّو>

تتمة الصفحة 80 (تنميات مستدامة)

علــى فهم المواضيع المتعلقة به. والافتقار إلى وثائق واضحة لإصلاح سياســات الرعاية الصحية التــي تقدمها الإدارة، يعني أن الجماهير لا تمتلك سوى أساس ضعيف تُبنى عليه ردود أفعالهــا، ولم يبق لها إلا التعبير عن غرائزها الجامحة وعواطفها المتأججة في برامج تلفزيونية تستضيفها.

وعلى العموم، فإن نظامنا السياسي يقدم لمناقشة المشكلات المهمة أشخاصا ليسوا الأفضل في تخصصاتهم، وهذا يجعلهم غير مؤهلين لتقديم أجوبة دقيقة عن تلك المشكلات. وبالطبع، فقد فعل النظام ذلك في مشكلة التغير المناخي، إذ أُبقي كبار خبراء البلاد في هذا المجال بعيدين عن التدخل في كتابة مســودات التشــريعات اللازمة لمعالجة هذه المشكلة. وكما هو الحال في الرعاية الصحية، فجميع ما أُنجز هو مسودة تشريع، أصدرها مجلس الشيوخ والمجلس التشريعي، تفتقر إلى الدعم الشعبي. وقد حدث الشيء نفســه في موضوع أفغانستان، «**فالمجلس الحربــي**»[1] كانــت تُعْــوِزُهُ الخبرة الحقيقية فــي ثقافة البلاد واقتصادها والتحديــات التي تواجه تطويرها، وبقي الجمهور الأمريكي جاهلا بالخيارات الحقيقية.

وكبداية لاتخاذ قرارات سياسية بطريقة أفضل، يتعين على الإدارة الأمريكية تقديم تحليل مفصل لتسويغ كل تغيير كبير تقترحه في سياســاتها الإصلاحية. وقــد يكون هذا الإجراء أساسا لحوار شعبي، تواكبه مواقع وِب حيث توجه الدعوة إلى خبراء خارجيين لتبادل الآراء التي يســتطيع الجمهور النفاذ إليها. وستوجه الدعوة إليه أيضا لإبداء رأيه في ذلك عن طريق مواقع الوِب. ومن الممكن أيضا إرســال نســخة من مســودة التشريع، تكون مفهومة للقراء العاديين (ومرفقة بالنسخة التي تتضمن لغــة قانونية أكثر تقنية وتعقيــدا) ومتاحة عن طريق الإنترنت لتعليقات الخبراء والجمهور. هذا وســتعتمد الإدارة والكونگرس بشــدة أكثر على اللجان الاستشــارية الخارجية للإفادة من ثروة الخبرات الوطنية، ووجهات نظر رجال الأعمال والأكاديميين وقطاعات أخرى من المجتمع.

وفي نظامنــا الحكومي الحالــي، فإن التعقيــد الجوهري للتحديات يتجاوز بســهولة الغرائز الجامحة وقلة خبرة وبراعة الآليــات الحكومية القائمة. وإني لــن أقبل أو أوصي بأن تترك القرارات لخبراء مزعومين ممن يمثلون غالبا مصالح خاصة، أو يكونون منحازين إلى جهة ما، أو يتسمون بوجهات نظر ضيقة. ومع ذلك، فإن تدقيقا منهجيا لخيارات السياســات يُعلَق عليه ويناقشه الجمهور وخبراء مرموقون، لا بد أن يحسن كثيرا من الأداء الحالي لسياســتنا التي نتخبط فيها، وإن لم نفعل ذلك، فإننا نترك التحكم فيها لمصالح ووجهات نظر ضيقة. ■

<J.D. ساكس>

(1) war cabinet


Majallat AlOloom January / February - 2011 Volume 27 Number 1/2 SCIENTIFIC AMERICAN

Letters to the Editor

Scientific American
75 Varick Street, 9th Floor,
New York, NY 10013-1917
or editors@SciAm.com

Letters may be edited for length and clarity. We regret that we cannot answer each one. Post a comment on any article instantly at www.ScientificAmerican.com/sciammag